ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 JUIN 1930.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE ROUX.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du décret, en date du 21 juin 1930, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Jean Rey** pour occuper dans la Division des Applications de la Science à l'Industrie la place vacante par le décès de M. *A. Rateau*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Jean Rey** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Stanislas Zaremba**, professeur à l'Université de Cracovie, qui assiste à la séance.

M. **Jean Perrin** expose à ses Confrères, en sollicitant leur aide, un projet de création d'un *Service national de la Recherche scientifique* élaboré avec la collaboration d'un grand nombre de professeurs et de membres de l'Académie.

Ce service national, qui dépendrait du Ministre de l'Instruction publique, aurait pour but : 1° d'élargir le recrutement des jeunes gens aptes à la Recherche; 2° d'accroître par des *Primes à la production*, en libérant de ce fait une partie de leur temps, le rendement des membres de l'Enseignement supérieur; 3° de permettre aux chercheurs qui se sont déjà distingués de poursuivre leurs recherches sans préoccupations matériel les et sans autre obligation que précisément de se dévouer entièrement à la Recherche.

Le fonctionnement du Service national de la Recherche serait assuré par

un Conseil supérieur, d'autorité morale et intellectuelle indiscutable, constitué par les savants français les plus réputés, par quelques personnalités assurant la liaison entre le Service de la Recherche et la Nation, et par des délégués élus par les jeunes chercheurs.

M. le **Président** remercie M. J. Perrin d'avoir présenté un projet précis et détaillé grâce auquel on peut espérer résoudre la crise de la Recherche scientifique. MM. **Émile Picard**, **G. Urbain**, **Émile Borel**, **L. Guillet**, **Maurice de Broglie** ajoutent diverses remarques, en se déclarant favorables en principe au projet présenté.

M. **Léon Guillet** rend compte de la mission que l'Académie a bien voulu lui confier, en le chargeant de la représenter au *VIe Congrès des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*.

Ce Congrès vient de se tenir à Liége; il a rassemblé plus de 1100 participants et de 900 présents. La représentation française y a été particulièrement brillante; les questions scientifiques et industrielles les plus intéressantes ont été agitées; certaines, résolues.

Le prochain Congrès aura lieu à Paris en 1935.

ASTRONOMIE. — *L'Observatoire de Méchain, dans la rue Vieille-du-Temple.* Note [1] de M. **Bigourdan**.

La vie de Méchain (Pierre-François-André) a été écrite à deux ou trois reprises [2] par Delambre, un des hommes qui le connurent le mieux; je ne me propose donc pas de la donner à nouveau, mais Delambre ne parle pas de son modeste observatoire personnel, si actif et si éphémère, et il a laissé de côté aussi quelques détails relatifs à ses débuts. Je me bornerai d'ailleurs à ne parler de sa vie que jusque vers 1783, époque où il vint habiter dans les dépendances de l'Observatoire royal, car le 25 avril 1782 il fut nommé par l'Académie des Sciences en qualité d'adjoint astronome.

Méchain, fils d'un architecte estimé mais peu fortuné, naquit à Laon le 16 avril 1744 et mourut en Espagne le 20 septembre 1804. Il fit ses études

---

(1) Séance du 23 juin 1930.

(2) Voir Delambre, *Notice historique sur M. Méchain* (*Mém. de l'Institut... Sciences math. et phys.*, 6, 1806, p. 1-28); *Histoire de l'Astronomie au* XVIIIe *siècle*, p. 755-767.

chez les Jésuites, se fit remarquer par son sérieux, ses progrès, et il était destiné à suivre la carrière paternelle. Vers l'âge de 20 ans il accepte un préceptorat où il réussit pleinement et, après 18 mois, les amis qu'il s'est faits décident son père à l'envoyer à l'École des Ponts et Chaussées à Paris. Il est admis, mais il doit s'entretenir; comme les études y étaient longues et n'assuraient pas un sort définitif, il l'abandonne et accepte une nouvelle éducation particulière à la campagne, dans la région de Sens; il peut ainsi aider sa famille tout en étudiant les mathématiques et l'astronomie.

A cette époque à peu près, son père perd à Paris un procès et n'a plus même les ressources pour retourner à Laon; il s'adresse à son fils qui vient de consacrer ses petites économies à l'achat d'un quart de cercle : le jeune Méchain le lui remet. Le père alors s'adresse à Lalande pour le vendre et celui-ci s'informe; dès lors il s'intéresse au futur astronome qui vient le voir un instant. Durant cette période, Lalande le met en relation avec Darquier, de Toulouse, pour réduire et comparer aux tables ses observations; il lui envoie aussi les feuilles de son *Astronomie*, dont la deuxième édition parut en 1771, pour les lire et lui communiquer des remarques dont il profite.

Lalande l'attire à Paris en 1772 et la première profession stable de Méchain est celle de calculateur-astronome, au traitement de 1200#, attaché au Dépôt de la Marine alors établi à Versailles. Là il se fait estimer de tous et le 27 mars 1775 ses émoluments sont portés à 2000#, sur la recommandation du duc d'Ayen, plus tard duc de Noailles; le 17 mars 1777 il obtient le brevet d'astronome-hydrographe.

Au Dépôt, son travail est de compulser les voyages, les journaux de navigation, pour en tirer et réduire les observations afin d'obtenir les meilleurs éléments des cartes hydrographiques. Dans deux campagnes de mer il collabore aussi, et activement, à la description de 100 lieues de côtes, depuis Niewport jusqu'à Saint-Malo. Il travaille longtemps au calcul des observations que Chabert faisait dans la Méditerranée depuis 20 ans et il fournit au duc d'Ayen les points fondamentaux d'une carte militaire de l'Allemagne et de l'Italie du Nord.

Sa plus ancienne observation paraît être celle de l'occultation d'Aldébaran, du 14 avril 1774, observée à Versailles et comparée à celles d'autres observateurs. Notons immédiatement que nous n'avons aucun des registres de Méchain et qu'il n'a pas réuni ses observations, mais nous avons dit (p. 139) que ses registres étaient en 1830 entre les mains de Lechevalier.

En mars 1775 on sollicite chaudement pour lui un quart de cercle de 18 pouces de rayon, avec un télescope et une pendule à secondes, qui se

trouvent au Cabinet de Passy, mais le ministre répond qu'il y a un seul quart de cercle et qu'on ne peut le prêter. D'avril à juin 1778 il s'exerce au Collège de France avec Lalande et en 1779 il observe à l'hôtel de Noailles, rue Saint-Honoré, avec le duc d'Ayen, l'éclipse de Soleil du 14 juin; il y observe aussi le passage de Mercure sur le soleil du 12 novembre 1782; cependant c'est à la rue Vieille-du-Temple qu'il observe l'éclipse de Soleil du 17 octobre 1781.

Il observe aussi Uranus, pris assez longtemps pour une comète, et triture à plusieurs reprises ses observations; dès lors il est en relation avec le président de Saron. En même temps il suit toutes les comètes et calcule de chacune divers systèmes d'éléments; lui-même en trouve deux coup sur coup en 1781 et applique à la seconde la méthode de calcul des éléments que Laplace allait publier dans les Mémoires de 1780; il concourt aussi pour le prix que l'Académie avait proposé pour 1782, sur les comètes de 1532 et de 1661 : ce travail important lui fait décerner le prix, et peu après, le 25 avril 1782, il est nommé à l'Académie comme adjoint astronome.

Dès ce moment il a pleinement acquis les talents et les mérites que lui accorde Delambre, car il réunit en sa personne les titres de ses confrères Messier et Pingré, étant un observateur très habile comme le premier et un calculateur rapide et précis comme le second. En 1777 il se marie avec une femme distinguée, Thérèse Majon; son fils cadet, Auguste-François, naquit le 5 mars 1786; c'est celui qui l'accompagne en Espagne après avoir travaillé à l'Observatoire. L'aîné, Isaac, prit part à l'expédition d'Égypte comme adjoint de Nouet et à son retour il fut nommé commissaire des relations extérieures à Galasie en Moldavie. Il laissa également une fille. Sa vie se résume ainsi : Recherche et observation des comètes dont il a découvert 11 le premier, — calcul de multiples éléments de 24 d'entre elles, — *Connaissance des Temps* de 1788 à 1794 publiée de 1785 à 1792, — jonction des côtes d'Angleterre et de France, — mesure de la méridienne.

Coordonnées. — Méchain, encore peu connu, avait établi l'observatoire dans son propre appartement, au numéro 180 d'alors (mais changé depuis à plusieurs reprises) de la rue Vieille-du-Temple, où les bâtiments voisins gênaient sa vue. La *Connaissance des Temps* de 1785, p. 407, est la seule qui indique ce numéro. Pour les coordonnées de ce point Méchain donne :

$$\Delta \mathcal{L} = 0^{m} 6^{s},5\,\mathrm{E} \quad \text{et} \quad \varphi = 48^{\circ} 51' 46'' \quad \text{ou} \quad \Delta\varphi = +1' 32''.$$

En transformant en longueurs, on trouve

$$\Delta \mathcal{L} = 1029^{\mathrm{T}} = 1987^{\mathrm{m}}\,\mathrm{E}; \quad \Delta\varphi = +1458^{\mathrm{T}} = 2842^{\mathrm{m}}.$$

Ainsi cet observatoire se trouvait dans le quadrilatère délimité par les quatre rues actuelles suivantes : Vieille-du-Temple, Bretagne, Debelleyme, Poitou, et plus particulièrement sur l'emplacement du groupe scolaire de la rue Debelleyme : l'approximation des nombres donnés par Méchain ne permet pas de préciser davantage, et nous adopterons pour cet observatoire :

$$\Delta \mathcal{L} = 0^{m}6^{s},5\,\mathrm{E}; \qquad \varphi = 48^{\circ}51'43''.$$

En quittant ce point Méchain vint se fixer à l'observatoire royal.

Instruments. — L'Académie des Sciences lui prêta les 4 premiers instruments suivants (D. 1, 13), mais ce ne fut sans doute qu'après son élection, en 1782; nous ne voyons d'ailleurs pas bien où il put installer un instrument fixe dans les *dépendances* de l'Observatoire.

1. Un *instrument des passages* portatif, semblable à celui qui est décrit dans l'H. C. de Le Monnier; il a été construit par Canivet, tout en cuivre, excepté un axe vertical qui est en fer. La lunette achromatique a 1 pouce d'ouverture et 2 pieds 2 pouces de longueur; l'axe horizontal, garni d'un niveau à bulle d'air, a 1 pied 3 pouces. Tout l'instrument est porté par un fort support de bois de noyer, garni de 3 vis de cuivre qui servent à le caler, et des pièces nécessaires pour recevoir l'axe vertical.

2. Une *pendule* à seconde, médiocre, avec cage en cuivre et cadran argenté; le balancier est composé de deux tiges, l'une en fer et l'autre en cuivre, formant compensation, et la lentille, en cuivre, est suspendue à un petit bras de levier fixé à l'extrémité inférieur des barres.

3. Un *compteur* de Lepaute, dont la cage, la lentille et les poids sont en cuivre, et le cadran d'émail; il bat les demi-secondes, sonne les secondes et les minutes.

4. Une *lunette* achromatique à 2 verres, de 34 lignes de diamètre et 5 pieds de foyer, avec 2 oculaires astronomiques montés dans des tuyaux de cuivre. Le grand tuyau est en tôle peinte couleur de bois d'acajou; il est ajusté sur un pied de bois à 3 branches; le mouvement est à frottement simple.

Les lunettes employées par Méchain dans ses premières observations (1774, 1775) paraissent être des instruments d'emprunt; ainsi l'occultation de Saturne du 18 février 1775 et les éclipses de Soleil du 14 juin 1779 et du 17 octobre 1781 furent respectivement observées par les instruments 5, 6 et 7 qui suivent :

5. *Lunette* de George, de 3 pieds, employée dans l'Observatoire du duc d'Ayen, à Versailles [1].

6. *Lunette* achromatique triple de Caroché, de 3 pieds et demi de foyer, employée

---

[1] Cette station était à peu près sur le parallèle de l'Observatoire royal de Paris et $0^{m}.48^{s}$ à l'Ouest.

rue Saint-Honoré, à l'Hôtel de Noailles, dans le cabinet de Physique du duc d'Ayen [1].

7. *Lunette* achromatique triple de 3 pieds et demi de long et 3 pouces et demi d'ouverture; grossissement 40.

8. Très bon *micromètre* filaire, ayant 3 fils horaires et une vis pour mesurer les différences de déclinaison, employé notamment en 1783.

9. Une *lunette* de nuit.

10. Lunette achromatique de 5 pieds, grossissement 100, employée pour le passage de Mercure du 5 novembre 1789.

La lunette 7 avec le micromètre 8 étaient employés chez lui, rue Vieille-du-Temple, dont il donne les coordonnées dans les *Mém. Acad.*, 1783, p. 641.

RADIOLOGIE. — *Ampoule à rayons X du type Coolidge fonctionnant sous la tension de 400 000 volts.* Note de M. **A. d'Arsonval.**

C'est en 1913 que W. D. Coolidge inventa les tubes à rayons de Röntgen dont le courant électronique était produit par l'émission d'une cathode incandescente.

Pendant plusieurs années (1919-1928) il sembla que 200 000 volts devaient être la tension limite que pût supporter pratiquement ce modèle d'ampoule.

A plusieurs reprises, des essais de grande envergure furent tentés dans de puissants laboratoires.

En 1926, W. D. Coolidge réalisa un tube à potentiel échelonné qui lui permit de faire sortir de l'ampoule, à travers une mince fenêtre de nickel de $0^{mm},0127$ d'épaisseur, des rayons cathodiques de grande vitesse : ce tube fonctionnait jusqu'à la tension de 350 000 volts.

C'est pour la réalisation de cette expérience que W. D. Coolidge donna à la cathode une forme régulièrement arrondie, supprimant ainsi, autant que possible, tout angle vif sur les pièces métalliques mises sous tension.

(1) Il dit que ce cabinet se trouve $0^m.1^s\,{}^1/_2$ O et à la latitude de $48^o.51'.59''$. Comme nous donnons à l'Observatoire une latitude moindre de $3''$, on a donc pour les coordonnées de ce cabinet (les mêmes que celles de la guérite, d'après les *Connaissances des Temps* de 1789, p. 341, et de 1790, p. 338, qui ont corrigé une erreur de celle de 1788, p. 239) :

$$\Delta\mathcal{L} = 0^m.1^s,7\,\text{O} \qquad \varphi = +48^o.51'.56''.$$

En 1928 W. D. Coolidge ([1]) étudia des tubes à 2 et 3 étages pouvant fonctionner jusqu'à 600000 et 900000 volts.

En 1928, C. C. Lauritsen et R. D. Bennett ([2]) réalisèrent un tube à « émission froide », fonctionnant sur pompe et qui supporta une tension de 750000 volts.

En janvier 1930, G. Breit, M. A. Tuve, O. Dahl ([3]) et L. R. Hafstad ([4]) présentèrent un dispositif de laboratoire permettant d'atteindre et peut-être même d'utiliser sur un tube à 15 étages la tension de 1000000 volts.

Dans une publication récente, Heinrich Herrmann et Robert Jaeger ([5]) signalèrent qu'en triant certains tubes à rayons X utilisés en radiothérapie à 250000 volts, ils étaient arrivés à faire fonctionner d'une façon fortuite, jusqu'à 400000 volts, en tension pulsatoire, quelques-uns de ces appareils, avec un débit de 0,5 milliampère.

En mai 1930, M. Holweck ([6]) présenta à la Société française de Physique un tube démontable à potentiel échelonné fonctionnant sous tension constante, jusqu'à 320000 volts : l'appareil supportait 1 kilowatt.

Mais toutes ces recherches demeuraient du domaine du laboratoire et, à notre connaissance, il n'avait jamais été construit systématiquement d'ampoules à rayons X à émission électronique, fonctionnant normalement sur générateurs à tension constante, et même sur générateurs à tension pulsatoire jusqu'à 400000 volts.

L'ampoule à cathode incandescente que nous présentons aujourd'hui est une ampoule scellée, à un seul étage, dont les caractéristiques normales de fonctionnement sont les suivantes :

En tension constante : à 400000 volts, l'ampoule supporte un courant de 2 milliampères.

En tension pulsatoire : à la tension maximum de 400000 volts, l'ampoule supporte un courant de 2,5 milliampères moyens.

Ce résultat a pu être atteint en montant le filament cathodique dans une pièce métallique de forme arrondie. Au cours du pompage, les gaz occlus dans cette importante masse métallique ont pu être évacués au prix d'une

---

([1]) *General Electric Review*, 31, IV, 1928, p. 184.

([2]) *Physical Review*, 2e série, 32, VI, 1928, p. 850.

([3]) *Physical Review*, 2e série, 35, I, 1930, p. 51.

([4]) *Physical Review*, 2e série, 35, I, 1930, p. 66.

([5]) *Fortschr. auf d. Geb. d. Röntgenstrahlen*, 41, Heft 3, 1930, p. 426.

([6]) *Bull. Soc. française de Physique*, 16 mai 1930, p. 97 S.

prolongation importante de la durée de l'opération et grâce aux progrès réalisés dans la technique du vide.

La suppression de toute arête vive à la cathode, le soin et les perfectionnements apportés à l'obtention d'un vide élevé et permanent dans le ballon de verre ont permis aux Établissements Gaiffe-Gallot et Pilon de construire d'une façon régulière, d'abord en 1928, une ampoule fonctionnant à 300000 volts (¹), puis l'ampoule à 400000 volts du même type que nous présentons aujourd'hui et dont les dimensions sont les suivantes :

Longueur totale	1050 à 1070^{mm}
Diamètre du ballon	190 à 200^{mm}
Diamètre des appendices	44 à 48^{mm}
Distance entre l'anode et la cathode	40^{mm}
Diamètre de la pièce métallique cathodique	25^{mm}

La mesure de la différence de potentiel appliquée aux extrémités du tube a été faite au moyen d'un éclateur à sphères de 50^{cm} de diamètre.

Il est intéressant de noter que la longueur d'onde du début de l'émission spectrale d'une ampoule fonctionnant à 400000 volts est, d'après la loi de Duane et Hunt : $\lambda_0 = 0{,}0308$ angström et que la radiation émise avec le maximum d'intensité a pour longueur d'onde $\lambda_{max} = 0{,}0402$ angström.

Cette ampoule permettra ainsi d'étendre, dans le domaine des courtes longueurs d'onde, en évitant les difficultés techniques, les recherches qui jusqu'à présent étaient limitées à environ 0,080 angström.

A la tension de 400000 volts, il est émis en quantité importante des rayons de Röntgen qui sont de même fréquence que certains rayons gamma des corps radioactifs formant un premier groupe désigné couramment sous le nom de rayonnement gamma mou.

En effet, Jean Thibaud (²) transcrit dans sa thèse, d'après les travaux d'Ellis et Skinner et les siens, les spectres gamma caractéristiques du radium B et du thorium B par exemple. Par le calcul du quantum, l'énergie des rayonnements gamma de ces corps, exprimée en kilovolts, prend les valeurs suivantes : pour le radium B, 240, 294, 352 kilovolts environ; pour le thorium B, 235, 299 kilovolts environ.

Au point de vue de la protection des opérateurs contre le rayonnement X émis sous 400000 volts, nous avons effectué quelques premiers essais qui concordent, dans les grandes lignes, avec les prévisions que l'on peut faire

---

(¹) *Congrès de Chirurgie*, Paris, octobre 1928.

(²) Thèse 1925 (Masson et Cie, éditeurs, Paris).

d'après les travaux antérieurs sur l'absorption des rayons X et nous pouvons dire que, pour obtenir à 400000 volts un même effet de protection qu'à 200000 volts, il faudra, à intensité égale du rayonnement émis, interposer sur le trajet des rayons X des épaisseurs de plomb quatre à cinq fois plus fortes.

NOMINATIONS.

Le **Bureau de l'Académie** et la **Section de Minéralogie** sont désignés pour représenter l'Académie au *Centenaire de la Société géologique de France*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à lui désigner deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique*.

M. le **Ministre de l'Agriculture** invite l'Académie à lui désigner six de ses Membres qui feront partie du *Conseil supérieur des recherches scientifiques agronomiques* institué auprès de l'Institut des Recherches agronomiques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La théorie des quanta. Les Statistiques Quantiques et leurs applications*, par Léon Brillouin.

2° L. Bouloumoy. *Flore du Liban et de la Syrie*, texte et Atlas.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de transformations de Bäcklund conduisant à des équations aux dérivées partielles du second ordre à caractéristiques doubles*. Note [1] de M. G. Cerf, transmise par M. Goursat.

Les équations aux dérivées partielles du second ordre, à deux variables indépendantes, dont chaque surface intégrale est engendrée par une seule famille de caractéristiques, sont exclues, en général, des considérations sur les transformations de Bäcklund; nous les appellerons dans la suite équations (E). On peut aisément, de la manière qui va être indiquée, mettre en évidence une classe étendue de transformations de Bäcklund qui conduisent, de part et d'autre, à des équations (E); ce sont des transformations B_2. Le procédé indiqué peut être facilement généralisé pour des équations aux dérivées partielles d'ordre plus grand que deux.

1. On montre d'abord qu'une équation (E) peut être obtenue par la méthode suivante : à tout élément de contact du premier ordre on fait correspondre une surface (Σ); on obtient ainsi, en général, ∞^5 de ces surfaces. A une surface quelconque (s), on fait correspondre l'enveloppe (s') des surfaces (Σ) relatives à ses éléments. La correspondance indiquée peut être choisie de façon que si (s) est une intégrale quelconque d'une équation (E) donnée, et seulement dans ce cas, la surface (s') soit osculatrice aux surfaces (Σ) qui l'enveloppent. Si l'équation des surfaces (Σ) est

$$(1) \qquad z' = F(x', y'; x, y, z, p, q)$$

[la forme explicite de l'équation de (Σ) est prise uniquement pour simplifier l'écriture], la fonction F doit être telle que les deux relations

$$(2) \qquad \left\{ \begin{aligned} &\frac{1}{F_p}\left[\left(\frac{dF}{dx}\right) + \frac{F_q}{F_p}\left(\frac{dF}{dy}\right)\right] = 2\psi\left(\frac{F_q}{F_p}; x, y, z, p, q\right), \\ &\frac{1}{F_p}\left(\frac{dF}{dy}\right) = \psi_m, \qquad F_p = \frac{\partial F}{\partial p} \cdots \left(\frac{dF}{dx}\right) = F_x + pF_z \end{aligned} \right.$$

soient vérifiées simultanément lorsque x', y', x, y, z, p, q sont liés par une certaine relation

$$(3) \qquad H(x', y'; x, y, z, p, q) = 0.$$

La fonction ψ est celle qui donne l'équation (E) par l'élimination de m

[1] Séance du 23 juin 1930.

entre les relations

$$(4) \quad \begin{cases} r + 2sm + tm^2 + 2\psi(m; x, y, z, p, q) = 0, \\ s + tm + \psi'_m = 0. \end{cases}$$

On peut en particulier choisir F pour que la première relation (2) soit identiquement vérifiée; ce qui montre que toute équation (E) peut être obtenue par ce procédé et d'une infinité de manières.

Il est possible de définir la transformation de Bäcklund annoncée au moyen des quatre relations

$$(5) \quad z' = F(x', y'; x \ldots), \qquad p' = F_{x'}, \qquad q' = F_{y'}, \qquad H(x', y'; x \ldots q) = 0,$$

si entre les cinq relations (5) et (6) :

$$(6) \quad (r' - F_{x'^2})(t' - F_{y'^2}) - (s' - F_{x'y'})^2 = 0,$$

on peut éliminer les cinq arguments x, y, z, p, q. Si l'équation (E), c'est-à-dire la fonction ψ, est donnée arbitrairement, il n'est pas certain qu'on puisse trouver la fonction F répondant aux deux conditions indiquées; mais d'autre part, il est clair qu'on peut, avec une grande généralité, trouver des couples de fonctions F et ψ qui les remplissent. Les surfaces (s') correspondant aux intégrales de (E) sont alors intégrales d'une équation (E'), à toute solution de laquelle correspondent ∞^1 intégrales (s) de (E).

Un cas remarquable est celui où les deux équations (2) sont toutes deux identiquement vérifiées; elles forment, en F, un système en involution et l'on retrouve les équations que M. Goursat [1] a découvertes en 1895, avec des transformations indiquées par M. Cartan [2].

Quand on passe aux équations d'ordre supérieur à 2, les résultats deviennent plus compliqués; nous nous bornons à signaler que là aussi on retrouve des équations qui généralisent celles de M. Goursat et que M. Coissard [3] a indiquées pour le cas du troisième ordre.

Enfin les résultats obtenus apportent une contribution à l'étude de certains systèmes de Pfaff, relativement à la possibilité d'en déduire des sous-systèmes de classe inférieure à celle du système total.

---

(1) E. Goursat, *Sur une classe d'équations aux dérivées partielles* (*Acta mathematica*, **19**, 1895, p. 285).

(2) E. Cartan, *Les systèmes de Pfaff à cinq variables et les équations aux dérivées partielles du second ordre* (*Annales de l'École Normale supérieure*, **27**, 1910, p. 189).

(3) M. Coissard, *Sur une classe d'équations aux dérivées partielles du troisième ordre* (*Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 709).

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur le calcul des perturbations planétaires au moyen d'une nouvelle variable indépendante.* Note [1] de Mme **N. Samoïlowa-Jachontowa.**

Les points singuliers des équations différentielles du mouvement planétaire doivent causer une influence sur la convergence des séries trigonométriques de la Mécanique céleste. On peut espérer que l'introduction d'une variable qui régularise au moins les chocs simples rendra ces séries mieux convergentes. Introduisons comme variable régularisante, par exemple, selon les notations usuelles, la variable

$$u = \mathrm{A}\int \frac{dt}{r\Delta}, \qquad \mathrm{A} = \text{const.}$$

Désignant par ε l'anomalie excentrique de l'astéroïde et prenant la valeur non troublée de r, on aura

$$\frac{dt}{dr} = \frac{d\varepsilon}{an}, \qquad u = \frac{\mathrm{A}}{an}\int \frac{d\varepsilon}{\Delta}.$$

Pour simplifier le problème prenons une valeur approchée de u en remplaçant Δ par Δ_0, partie de Δ indépendante des excentricités et des inclinaisons, à savoir

$$\Delta_0 = \{a^2 + a'^2 - 2aa'\cos[(1-\mu)\varepsilon + \mathrm{B}]\}^{\frac{1}{2}}, \qquad \mu = \frac{n'}{n}, \qquad \mathrm{B} = \text{const.}$$

En posant

$$(1-\mu)\varepsilon + \mathrm{B} = 2\theta + \pi, \qquad k^2 = \frac{4\alpha}{(1+\alpha)^2}, \qquad \alpha = \frac{a}{a'},$$

et en choisissant convenablement la constante A, on aura

$$u = \int_0^\theta \frac{d\theta}{\sqrt{1 - k^2\sin^2\theta}}.$$

Les développements des secondes parties des équations différentielles contiendront des termes trigonométriques aux arguments de la forme

$$\left(\frac{2n}{1-\mu} \pm 2m\right)\theta + \gamma = (\mathrm{N}_n \pm 2m)\theta + \delta_n\theta + \gamma,$$

n, m étant des entiers, γ une constante, N_n l'entier le plus proche au quotient $\frac{2n}{1-\mu}$ et $|\delta_n| \leq \frac{1}{2}$.

---

(1) Séance du 11 juin 1930.

Les secondes parties peuvent être mises sous la forme des $\frac{\sin}{\cos}(\delta_n\theta+\gamma)$ multipliés par une somme finie des expressions telles que

$$\left(a\,dn\,u+\frac{b}{dn^2 u}+\frac{c}{dn^4 u}+\ldots+\frac{l}{dn^{2m} u}\right)\frac{\sin}{\cos}\nu\theta,$$

ν étant un entier et $a, b, c, \ldots, l$ des constantes.

Les produits $dn^k u \frac{\sin}{\cos}\nu\theta$ sont développables en séries trigonométriques de la forme

$$\sum\frac{n^\lambda q^n \frac{\sin}{\cos} 2nx}{1\pm q^{2n}}, \qquad x=\frac{\pi}{2\mathrm{K}}u.$$

Le paramètre $q=e^{-\pi\frac{\mathrm{K}'}{\mathrm{K}}}$ est de l'ordre $\frac{1}{4}\alpha$; l'exposant λ dépend des nombres N_n. Le rapport de deux coefficients voisins de ces séries tend vers la limite q. La convergence d'une somme de telles séries sera la même que la convergence de la série au plus grand exposant λ. Pour $\frac{\sin}{\cos}(\delta_n\theta+\gamma)$ on ne peut obtenir qu'un développement numérique, δ_n n'étant pas un entier. Ces développements convergent si rapidement que la convergence des séries qui sont multipliées par elles reste presque inaltérée. Après de simples transformations et en laissant toujours de côté les inclinaisons, il est facile de ramener les seconds membres des équations à la forme

$$\sum a_{m,n}^{(k,k')} e^k e'^{k'} \frac{\sin}{\cos}\left[(n+\delta_m)2x+\mathrm{A}_{m,n}^{(k,k')}\right],$$

où les $a_{m,n}^{k,k'}$ sont des coefficients numériques, diminuant de la manière indiquée. Après cela l'intégration ne prête aucune difficulté.

Pour illustrer ces développements, une orbite périodique de premier ordre correspondant à Thule (279) a été calculée (l'exemple est emprunté à M. Brendel, *Astr. Nachr.*, 224, 1925, p. 229-236).

Les perturbations de la longitude sont :

$$\begin{aligned}
nt-\lambda = 2\beta\theta &+ 9825'',9092\,x - 28118'',73\sin(2\beta\theta-2\delta x)\\
&- 6254'',471\sin 2x + 368'',664\sin 16x + 9'',952\sin 30x + 0'',0404\sin 42x\\
&+ 3688,469\sin 4x + 367,049\sin 18x + 4,287\sin 32x + 0,0149\sin 44x\\
&+ 3688,879\sin 6x + 270,537\sin 20x + 1,781\sin 34x + 0,0054\sin 46x\\
&+ 1112,224\sin 8x + 167,483\sin 22x + 0,717\sin 36x + 0,0019\sin 48x\\
&+ 799,780\sin 10x + 92,266\sin 24x + 0,281\sin 38x + 0,0006\sin 50x\\
&- 135,096\sin 12x + 46,687\sin 26x + 0,108\sin 40x\\
&+ 192,815\sin 14x + 22,127\sin 28x
\end{aligned}$$

En comparant cette série au développement de la longitude obtenu par M. Brendel (*loc. cit.*), d'après sa nouvelle méthode, on voit que depuis $n = 15$ les coefficients de la première série diminuent plus rapidement et plus régulièrement que ceux de la seconde. Le rapport de deux coefficients adjacents de la première série diminue continuellement depuis $n = 9$ et tend vers la limite $q = 0,26$, tandis que dans la série de M. Brendel on peut constater un accroissement de ce rapport.

ASTRONOMIE. — *A propos de la première comète périodique de Tempel* 1867 II. Note [1] de M. **Raoul Gautier**, présentée par M. Deslandres.

Découverte par Tempel en 1867, cette comète a été retrouvée en 1873 par Stephan et en 1879 par Tempel. Puis elle n'a plus été observable, son éclat ayant diminué d'apparition en apparition, et sa distance à la Terre, même en opposition périhélique, ayant toujours augmenté sous l'action perturbatrice de Jupiter de 1867 à 1873, puis de 1879 à 1885.

Je lui ai consacré en 1888, un travail publié dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève*, 29, n° 12, intitulé : « La première comète périodique de Tempel 1867 II, étude consacrée spécialement aux apparitions de 1873 et de 1879 ».

Je m'étais assuré en effet que seule l'étude de ces apparitions et de la période intermédiaire, sans perturbations sensibles des planètes, spécialement de Jupiter, permettait de fixer la valeur du moyen mouvement diurne de la comète en 1873 et en 1879.

Le premier chapitre du travail cité renferme quelques indications sur mes calculs, très avancés déjà, qui portaient sur la première apparition de la comète en 1867 puis sur le calcul des perturbations de 1867 à 1873.

J'ai repris ces calculs à partir de 1887 en arrière de 1873 à 1867, et ils sont actuellement à peu près terminés, en ce qui concerne l'orbite de la comète en 1867 et les perturbations de 1873 à 1867. Cette Note a seulement pour but de signaler ce fait pour empêcher un autre astronome de consacrer son activité à ces longs calculs, puisqu'ils sont actuellement très avancés et que j'espère les terminer dans un avenir peu éloigné.

---

(1) Séance du 11 juin 1930.

THERMODYNAMIQUE. — *Comparaison des pressions explosives calculées et des pressions explosives expérimentales.* Note [1] de MM. **H. Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une précédente Note nous avons montré qu'il existe un accord excellent entre les pressions explosives expérimentales, corrigées du refroidissement par les parois (bombe du type Vieille, crushers de cuivre de 13/8, table de tarage avec piston libre Burlot) et les pressions calculées à partir des chaleurs spécifiques de Nernst Wohl. Nous avons continué cette étude en opérant sur une poudre à très haute température d'explosion, dont la composition était la suivante : Coton-poudre à 12,2 pour 100 Az, 52; nitroglycérine, 48; taux d'azote nitrique de la poudre, 15,22 pour 100; étirage en tubes de 8,80/4,25; épaisseur mesurée 2,38. En accord avec A. Schmidt nous avons trouvé que pour une poudre ayant cette composition le calcul du mélange gazeux dégagé ne peut être effectué sans tenir compte de la dissociation. Ces calculs ont été exécutés à partir des constantes suivantes :

Chaleur de formation : A. du coton-poudre 646^{Cal} par kilogramme à *volume constant;* B. de la nitroglycérine, 412^{Cal} par kilogramme à *volume constant.*

Constante d'équilibre du gaz à l'eau : $\frac{(CO)(H^2O)}{(CO^2)(H^2)} = k$. A 3400°, 12,3; à 3500°, 13,2; à 3600°, 14,1; à 3700°, 15,2.

Constante de dissociation de l'acide carbonique :

$$\log \frac{P^2CO.PO^2}{P^2CO^2} = -\frac{29490}{T} + 2,765 \log T - 0,001223.T + 1.354.10^{-7}T^2 + 1,948.$$

La température d'explosion étant très élevée, voisine de 3600°, et les déterminations de chaleurs spécifiques n'ayant pas été exécutées au-dessus de 2500°, nous avons dû extrapoler fortement les courbes de Nernst-Wohl. Nous avons adopté les valeurs suivantes :

t	3400°.	3500°.	3600°.	3700°.
H^2O	9,52	9,60	9,68	9,76
CO^2	12,06	12,14	12,22	12,30
CO	6,55	6,58	6,62	6,66
H^2	5,97	6,02	6,05	6,08
O^2	6,60	6,63	6,65	6,68
N^2	6,52	6,57	6,62	6,66

---

(1) Séance du 23 juin 1930.

La dissociation n'étant pas négligeable, la composition gazeuse varie pour chaque densité de chargement. Voici les résultats des calculs exécutés pour diverses valeurs de la pression maximum :

P Max = 4000 kg par cm² :

$CO^2 = 0{,}776$; $H^2 = 0{,}107$; $CO = 1{,}029$; $H^2O = 1{,}170$; $O^2 = 0{,}017$;
$N^2 = 0{,}543$; $f = 11918$; $V_0 = 816$; $\alpha = 0{,}816$.

P Max = 2000 kg par cm² :

$CO^2 = 0{,}763$; $H^2 = 0{,}116$; $CO = 1{,}042$; $H^2O = 1{,}161$; $O^2 = 0{,}028$;
$N^2 = 0{,}543$; $f = 11861$; $V_0 = 818$; $\alpha = 0{,}818$.

P Max = 1000 kg par cm² :

$CO^2 = 0{,}743$; $H^2 = 0{,}124$; $CO = 1{,}062$; $H^2O = 1{,}153$; $O^2 = 0{,}042$;
$N^2 = 0{,}543$; $f = 11751$; $V_0 = 821$; $\alpha = 0{,}821$.

P Max = 500 kg par cm² :

$CO^2 = 0{,}719$; $H^2 = 0{,}134$; $CO = 1{,}086$; $H^2O = 1{,}143$; $O^2 = 0{,}059$;
$N^2 = 0{,}543$; $f = 11681$; $V_0 = 825$; $\alpha = 0{,}825$.

A titre de comparaison, voici les résultats des calculs effectués dans l'hypothèse d'une dissociation nulle :

$CO^2 = 0{,}804$; $H^2 = 0{,}101$; $CO = 1{,}001$; $H^2O = 1{,}176$;
$N^2 = 0{,}543$; $f = 12019$; $V_0 = 812$; $\alpha = 0{,}812$.

Pressions expérimentales. — Elles ont été déterminées comme il a été indiqué dans la précédente Note (écrasement du crusher à peu près constant grâce à l'emploi de pistons de différentes surfaces). La correction de refroidissement par les parois a été calculée :

1° Par la méthode précédemment indiquée (méthode A) qui consiste à porter en abscisse, pour une série d'expériences exécutées à densité de chargement constante, le rapport $\frac{S}{p} = \frac{\text{surface de refroidissement}}{\text{poids de poudre}}$, en ordonnée les pressions expérimentales et à extrapoler pour $\frac{S}{p} = 0$.

2° Par une méthode consistant à porter en abscisse le rapport $\frac{s}{p}$, en ordonnée *l'inverse* de la pression et à extrapoler pour $\frac{s}{p} = 0$ (méthode B). Nous aurons l'occasion de revenir sur cette dernière méthode, dans laquelle on cherche à tenir compte du fait que l'addition des lames d'acier dans la

bombe a pour effet d'abaisser la température des gaz et de diminuer le $\frac{n}{b}$ de calories cédées par centimètre carré de la paroi.

Voici une comparaison des pressions expérimentales corrigées du refroidissement par ces deux méthodes et des pressions calculées :

Δ.	Pressions calculées (kg/cm²).	Pressions expériment. corrigées par la méthode A.	Différence pour 100.	Pressions expériment. corrigées par la méthode B.	Différence pour 100.
0,0620.....	766	720	−6,0	784	+2,3
0,1000.....	1283	1240	−3,3	1275	−0,6
0,1800.....	2509	2500	−0,4	2522	+0,5
0,2029.....	2895	2878	−0,6	2893	−0,07
0,2850.....	4422	4553	+3	4573	+3,4

A titre d'indication voici, pour les différentes densités de chargement, les pressions expérimentales non corrigées de l'influence du refroidissement par les parois de la bombe :

Δ.....	0,0620.	0,1000.	0,1800.	0,2029.	0,2850.
Pressions kg/cm²..	632	1147	2366	2765	4408

Comme nous l'avons déjà fait remarquer, la correction du refroidissement doit être considérée comme douteuse pour les basses pressions.

Si l'on remarque :

1° Que les chaleurs spécifiques ont été obtenues par une forte extrapolation ;

2° Que le calcul du degré de dissociation ne peut pas, pour une température aussi élevée, être considéré comme rigoureusement exact.

L'accord obtenu doit être considéré comme très satisfaisant.

PHOTO-ÉLECTRICITÉ. — *Sur une cellule photo-électrique pour l'ultraviolet. Procédé de sensibilisation.* Note de M. **Horia Hulubei**, présentée par M. J. Perrin.

Plusieurs métaux ont été employés dans les cellules pour l'ultraviolet : Pt, seuil vers 2850 Å, potentiel accélérateur, pour avoir une bonne sensibilité, vers 2000 volts [1], [2]; alliage Cd-Ag, seuil vers 2900 Å [3]; cellules

(1) Kreusler, *Ann. d. Phys.*, 6, 1904, p. 412.
(2) V. Kreusler, *Ann. d. Phys.*, 82, 1927, p. 797.
(3) L. Mallet et R. Cliquet, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1031-1033.

aux alcalins, à fenêtres très minces en verre borosilicaté; Zn, Cd, etc.

J'ai été amené à construire une cellule convenable pour mes recherches actuelles dans le domaine 2800-1850 Å. J'ai choisi le palladium. Le seuil de ce métal permet de travailler dans l'ultraviolet moyen sans être gêné par la lumière du visible et de l'ultraviolet proche.

Absorbant des quantités considérables d'hydrogène il pouvait peut-être se prêter mieux à une bonne sensibilisation dans ce gaz. Une première indication dans ce sens était que l'alliage Pd-Ag, qui, pour certaines proportions, absorbe des quantités énormes d'hydrogène, donne un rendement photo-électrique maximum pour l'alliage qui en absorbe le plus (1).

Dans la pratique courante, on fait passer une décharge dans l'hydrogène avec l'électrode à sensibiliser comme cathode. On ne sait pas encore si c'est seulement l'hydrogène qui sensibilise la surface, ou s'il y a une action simultanée de l'hydrogène actif, produit par la décharge, combinée à une action mécanique de cette décharge sur la surface. Un travail récent (2) sur le potassium montre que l'hydrogène moléculaire ne provoque aucune action sensible et que ce n'est que par l'intermédiaire de sa forme active, provoquée par cette décharge, que la sensibilisation a lieu. D'autre part on sait qu'une décharge accidentelle dans une cellule conduit à une modification de son émission électronique et, très souvent, à une diminution considérable de son rendement photo-électrique. De plus, pour des conditions bien définies, on a une durée maxima pour le passage de la décharge, au delà de laquelle la sensibilisation diminue.

On peut donc penser que l'effet de l'hydrogène atomique peut être contrarié par la décharge même qui le produit, et dont les actions mécaniques auraient une influence autagoniste en limitant de ce fait l'action plus prolongée, et peut-être utile à une meilleure sensibilisation, de l'hydrogène actif.

Pour toutes ces raisons il m'a paru bon d'essayer si l'on ne peut arriver à sensibiliser les surfaces à l'aide de l'hydrogène activé, sans passer par l'intermédiaire de la décharge ayant la surface sensible comme l'une des électrodes. La surface à étudier sera exposée à l'action de l'hydrogène atomique préparé par l'une des méthodes connues actuellement; soit par la méthode de Wood, où l'hydrogène atomique est recueilli vers le milieu d'un très long tube à décharge, soit par la méthode de Franck et Cario (si

---

(1) F. Krüger et A. Ehmer, *Zts. f. Phys.*, **14**, 1923, p. 1-5.

(2) Suhrmann Rud. et H. Theissing, *Zts. f. Phys.*, **52**, 1928, p. 453.

possible), qui met à profit la dissociation de la molécule d'hydrogène par l'intermédiaire de l'atome de mercure excité à l'aide de sa raie de résonance $1^1S_0 - 2^3P_1$ (4,9 volts). Cette méthode permettra de distinguer les effets de l'hydrogène actif et ceux de la décharge elle-même sur la surface étudiée.

Même si l'effet initial de la décharge pouvait avoir un rôle dans la sensibilisation, dans le sens d'une préparation convenable de la surface, il est intéressant de connaître l'action postérieure de l'hydrogène atomique seul, sur le rendement photo-électrique.

Les résultats avec le palladium ont été encourageants. Ce métal était déposé cathodiquement dans une atmosphère d'hydrogène. Le rendement photo-électrique de cette surface exposée à l'action de l'hydrogène activé était considérablement amplifié. Le passage postérieur d'une décharge diminuait beaucoup le rendement précédemment obtenu. Une nouvelle exposition convenable à l'action de l'hydrogène activé rétablissait le bon rendement à peu de chose près.

Il reste à essayer sur d'autres métaux le résultat de cette méthode. Quelques essais préliminaires sur le potassium fraîchement distillé et exposé à l'action d'un courant d'hydrogène actif, produit dans un dispositif de Wood, font espérer que l'on pourra appliquer cette méthode aux alcalins. La couleur caractéristique des alcalins sensibilisés peut être provoquée par la seule action d'un courant d'hydrogène atomique.

Les cellules construites pour mes travaux sont du type à anode centrale et à cathode disposée en corps noir. Fenêtre d'entrée en quartz. Le palladium est déposé sur un support résistant d'argent. Une décharge lente, sous 1200 volts maximum, sous une pression d'hydrogène de quelques dixièmes de millimètre, conduisant à un dépôt brillant, donne les surfaces les meilleures au point de vue rendement. Après sensibilisation, le dépôt a une teinte grisâtre à reflets d'acier. Il est à recommander d'avoir un osmorégulateur sur la cellule, ce qui permet de régler, selon les besoins, la pression d'hydrogène suivant la sensibilité à obtenir, ou d'en introduire si, à la longue, il est absorbé par la couche de palladium.

Seuil vers 2850 Å ; potentiel accélérateur 120-480 volts, selon la pression en hydrogène dans la cellule et la sensibilité à obtenir. Avec 240 volts et un électromètre Curie la lumière de résonance de la vapeur de mercure peut être mesurée très aisément. On pouvait craindre que cet excès de sensibilisation ne soit pas durable ; je n'ai pas pu observer une variation de la sensibilité. En travaillant sous sensibilité maxima, la stabilité était tout à fait bonne.

Dans le cas du palladium, la distribution spectrale des rendements, rapportés à l'énergie absorbée, permet une très bonne utilisation de la cellule ainsi construite, jusqu'à la limite de transparence du quartz.

OPTIQUE. — *Analyse spectrographique des diverses fluorescences de l'huile d'olive, observées sous les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Henri Marcelet** et **Henri Debono**, présentée par M. C. Matignon.

Les huiles utilisées pour ce travail proviennent de Tunisie, Algérie et Maroc ; elles présentent sous les rayons ultraviolets, convenablement filtrés, des fluorescences très diverses, mauve, jaune, abricot, vert, blanchâtre, chocolat qui ne correspondent naturellement pas à la couleur de l'huile observée au jour.

Nous avons voulu rechercher si par la spectrographie il était possible d'enregistrer les différences que l'œil constate si nettement et voir, en outre, si dans chacun des spectrogrammes obtenus, on retrouverait la caractéristique de l'huile d'olive, malgré les différences énormes de fluorescence.

Nous avons suivi la technique indiquée par l'un de nous dans une précédente Note présentée à la séance du 12 mai dernier. Nous avons enregistré les spectrogrammes de chaque huile, avec les mêmes temps de pose, sur des plaques micropanchromatiques Lumière ordinaires et sur les mêmes plaques après les avoir hypersensibilisées au moment de l'emploi par le pantochrome.

Spectres d'émission. — Toutes les huiles ont donné entre 5700 et 6900 U. A. une plage lumineuse (enregistrée en foncé sur les clichés négatifs), accusant très nettement, avec certaines huiles, un maximum d'intensité entre 6650 et 6900 U. A. qui correspondrait à la raie signalée par certains auteurs comme caractéristique de l'huile d'olive. Or, elle n'existe pas dans tous les spectrogrammes, tandis que la plage a toujours été visible.

Nous avons observé cette raie dans les huiles ayant une fluorescence mauve, brique ou abricot, tandis que nous ne l'avons pas vue avec les fluorescences jaune, verte ou blanchâtre.

Cependant, avec une huile donnant cette dernière fluorescence, nous avons constaté que la plaque hypersensibilisée avait enregistré la raie alors que la plaque ordinaire ne l'avait pas notée. De même les plaques hypersensibilisées accusent, pour les huiles à fluorescences verte ou blanchâtre, une plus grande étendue à la plage trouvée sur les plaques ordinaires

comme allant de 5700 à 6900. Ainsi, pour les huiles à fluorescence verte, elle s'étend de 5200 à 6900 sans interruption et pour les autres de 4950 à 5500, puis de 5700 à 6900.

Spectres d'absorption. — Toutes les huiles ont nettement montré deux plages situées l'une de 4380 à 4750 et l'autre de 5640 à 6900. Dans cette dernière, les plaques hypersensibilisées ont décelé, comme précédemment, dans les huiles à fluorescences mauve, abricot ou blanchâtre une zone plus lumineuse allant de 6650 à 6900.

De plus, les mêmes plaques ont enregistré pour les huiles à fluorescences abricot ou jaune une plage s'étendant de 3825 à 4280, légèrement plus marquée vers ce dernier chiffre et pour les fluorescences blanchâtres une plage s'étendant de 5000 à 5640.

Les plages caractéristiques de l'huile d'olive paraissent donc, d'une façon générale, situées pour le spectre d'émission entre 5700 et 6900 U. A. avec parfois une zone plus accentuée entre 6650 et 6900 et pour le spectre d'absorption entre 4380-4750 et 5640-6900 avec parfois, comme précédemment, une zone plus accentuée vers 6900.

Les petites différences observées entre les spectrogrammes obtenus avec les huiles présentant des fluorescences différentes ne sont pas suffisamment marquées pour pouvoir modifier sensiblement le spectre de l'huile d'olive.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la relation de plusieurs réactions d'entraînement du polonium, avec l'existence, sous forme de précipités colloïdaux centrifugeables, de dérivés insolubles de ce radioélément.* Note [1] de M. **Marcel Guillot**, présentée par M. Georges Urbain.

J'ai montré, en collaboration avec Mlle C. Chamié [2], qu'on pouvait étudier l'hydrolyse du chlorure de polonium, dans des solutions d'acidité décroissante, en centrifugeant ces solutions, sans addition d'entraîneur chimique étranger. Le produit d'hydrolyse forme en effet de lui-même un précipité colloïdal. Cette précipitation est presque totale en milieu neutre, alors qu'elle est infime en milieu glycériné, même neutre.

Je me suis alors demandé si de tels phénomènes de précipitation indé-

---

(1) Séance du 23 juin 1930.

(2) C. Chamié et M. Guillot, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1187.

pendante, de dérivés très insolubles du polonium, ne pourraient pas rendre compte de certaines réactions d'entraînement de ce radioélément. Pour vérifier cette hypothèse j'ai tenté de mettre en évidence, par centrifugation, des précipités de dérivés poloniés, autres que le produit d'hydrolyse, dans les conditions où l'on sait que l'entraînement par une trace d'un composé métallique étranger se fait avec un rendement très élevé.

1. *Insolubilité du sulfure en milieu chlorhydrique normal.* — Une solution de 2 U.E.S. en 5^{cm^3} d'HClN est saturée d'H^2S. En 90 minutes on centrifuge 97,5 pour 100 du polonium [il faut remarquer que dans ces conditions d'acidité aucune précipitation par hydrolyse n'a lieu ([1])].

2. *Réduction par le chlorure stanneux en milieu acide.* — Une solution de 0,5 U.E.S., en 6^{cm^3} d'HClN contenant 10 pour 100 de $SnCl^2$, est centrifugée une heure. Le dépôt est de 95 pour 100 du polonium total.

3. *Précipitation du thiosulfocarbamate en milieu neutre* ([2]). — Une solution neutre de polonium, additionnée de diéthylthiosulfocarbamate de sodium, donne un précipité centrifugeable de 87 pour 100 (pour 2 U.E.S., en 1 heure), en grande partie soluble directement dans le chloroforme, sans entraîneur. Il y a donc eu précipitation du complexe, en même temps que du composé d'hydrolyse.

Rapprochons ces différents résultats de ceux des réactions d'entraînement déjà connues, dont le rendement est à peu près total.

État probable du polonium.	Entraîneurs.	Rendement pour 100.	Auteurs.
Hydroxyde précipité (ammoniaque normale)	Hydroxyde Bi^{III}	97	*Escher* ([3]), p. 19.
Hydroxyde précipité (NaOH, 0,8N)	Hydroxydes Bi^{III}	98	Id.
	Hydroxydes Fe^{III}	99	Id.
Hydroxyde précipité	Hydroxyde ferrique colloïdal coagulé par SO^4K^2	97	*Brennen* ([4]), p. 13.
Sulfure précipité (HClN)	Sulfures Bi^{III}, Cu^{II}, Hg^{II}	> 99	*Escher*, p. 19.
Thiosulfocarbamate (et hydroxyde?) précipités	Thiosulfocarbamate Bi^{III}	env. 99	*Guillot* ([2]).
Polonium métallique réduit (HClN.$SnCl^2$ 10 %)	Te réduit, Au réduit.	99	*Escher*, p. 19.

Ainsi, dans tous ces cas, où plus de 97 pour 100 du polonium sont entraî-

([1]) *Loc. cit.*

([2]) M. Guillot, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 590.

([3]) Escher-Desrivières, *Th. Doct. Sc. Paris*, 1926.

([4]) J.-H. Brennen, *Th. Doct. Sc. Paris*, 1925.

nables par un précipité étranger, on peut, sans addition d'entraîneur, mettre en évidence par centrifugation la précipitation autonome d'un dérivé insoluble du radioélément. La condition nécessaire à l'entraînement semble donc être ici la double insolubilité de l'entraîneur et de l'entraîné. Ce résultat s'accorde entièrement avec la règle de Fajans.

D'autre part les réactions d'entraînement partiel du polonium par des précipités chimiques ont lieu le plus souvent (Escher, p. 20, 26-27, 30; Brennen, p. 17) soit en milieu acide, soit en milieu très alcalin. Or on a vu [1] qu'à des concentrations en acide chlorhydrique $> \frac{N}{10}$ les solutions ne fournissent sensiblement plus de précipité centrifugeable. J'ai constaté de plus que le composé d'hydrolyse était également soluble dans la soude. En milieu NaOH.5N, on ne centrifuge plus que 3,5 pour 100 du polonium en 1 heure pour 0,4 U.E.S. en 5^{cm^3}. En milieu acide ou fortement alcalin, les entraînements semblent donc attribuables à des adsorptions sélectives du polonium ionisé soluble.

Il est à remarquer que les conditions de redissolution de l'hydroxyde dans la soude 5N, ainsi que sa non-précipitation en milieu glycériné neutre, le rapprochent de l'acide tellureux, plus que de l'hydroxyde de bismuth. La discussion et l'exposé détaillés de ces recherches feront l'objet d'une publication ultérieure plus étendue.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction irréversible des oxydes d'azote par l'acide sulfureux.* Note de MM. **A. Sanfourche** et **L. Rondier**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Une partie plus ou moins importante de la perte en produits nitreux, au cours de la fabrication de l'acide sulfurique par le procédé des chambres de plomb, est due à leur réduction poussée au delà de l'oxyde nitrique, les amenant à l'état d'oxyde nitreux ou d'azote, inaptes l'un et l'autre à la réoxydation.

Les plus récentes recherches sur ce sujet sont dues à M. Graire [2]; elles concernent l'action de l'acide sulfureux sur les oxydes d'azote en présence d'acide sulfurique à diverses concentrations et ont confirmé dans leurs conclusions essentielles les anciens travaux de Lunge, de Raschig et de Vorster, à savoir que la réduction irréversible croît avec la dilution de l'acide sulfu-

---

(1) C. Chamié et M. Guillot, *loc. cit.*

(2) *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 292.

rique. Mais comme elles étudient ces réactions seulement à la température ambiante, nous avons estimé utile de les reprendre, d'une façon systématique, en variant davantage les conditions expérimentales et en opérant hors de la présence des réactifs analytiques, dont certains, comme le sulfate ferreux utilisé par M. Graire, peuvent être suspectés d'exercer eux-mêmes une action réductrice.

Notre étude a embrassé des températures allant de 20° à 175°, avec des concentrations d'acide sulfurique comprises entre 48 et 78 SO^4H^2 pour 100 (40° à 60° B.). La teneur en gaz sulfureux a été d'abord fixée à 6,5 pour 100 en volume; puis à 2 pour 100.

Le mode opératoire était le suivant : l'azote, l'oxygène et le gaz sulfureux étaient mélangés dans les proportions volumétriques respectives 84,85 — 8,65 — 6,50 pour 100 (ce dernier ramené à 2 pour 100 dans la seconde série d'essais), les mesures étant faites au moyen de manomètres différentiels. L'oxyde nitrique n'était ajouté qu'au moment de l'entrée dans l'appareil à réaction, sa proportion correspondant à la teneur de $10^g,94$ par mètre cube; cela représentait à peu près 0,8 pour 100 en volume, quantité trop faible pour se prêter au même genre de mesure. Aussi ce gaz était-il emmagasiné à l'avance dans la chambre graduée d'un nitromètre, d'où on le déplaçait par un écoulement régulier de mercure dans la seconde branche. L'appareil consistait essentiellement en un gros barboteur de Cloez de 350^{cm^3}, contenant 50^{cm^3} d'acide sulfurique et maintenu par un bain d'huile à la température voulue; le mélange gazeux, mis en circulation par une aspiration en queue, traversait cet acide, puis passait dans une boule à eau oxygénée qui, oxydant les gaz réducteurs encore présents, mettait un terme à toutes les réactions possibles. Les gaz arrivaient finalement dans un grand ballon de 14 litres dans lequel une dépression préalable servait à régler la circulation au cours de l'expérience; ils y séjournaient une nuit au contact d'une nouvelle dose d'eau oxygénée.

Chaque essai portait sur 3,3 litres de mélange gazeux et durait 83,5 minutes; on établissait ensuite le bilan de l'opération en dosant les oxydes d'azote récupérables dans l'acide sulfurique et les solutions d'eau oxygénée. Une série d'essais à blanc avait montré que, le mélange gazeux passant dans l'appareil sans traverser l'acide sulfurique chauffé, on retrouve en moyenne 97,5 pour 100 de l'oxyde azotique mis en œuvre; les 2,5 manquant proviennent soit des imperfections de l'analyse, soit de la réduction exercée par l'anhydride sulfureux en phase gazeuse à la température ambiante. Le taux de la réduction irréversible au contact de l'acide sulfurique était par consé-

quent évalué en retranchant de 97,5 le pourcentage d'oxydes d'azote récupérés, traduits en oxyde azotique. Les tableaux suivants indiquent ce coefficient de réduction irréversible, avec une exactitude dont l'approximation peut être estimée à 2 pour 100.

Concentration en gaz sulfureux : 6,5 pour 100.

Température	20°.	50°.	70°.	90°.	100°.	110°.	120°.	130°.	150°.	175°.
Acide 48,4 % (40° B.)	3	24	41	33	–	22	–	–	–	–
» 55,3 » (45° B.)	3	6	25	36	–	21	–	–	–	–
» 62,5 » (50° B.)	2	5	15	24	–	19	–	–	–	–
» 70 » (55° B.)	–	1	1	15	19	23	23	23	–	–
» 78 » (60° B.)	–	0	–	0	–	1	–	8	13	9

Concentration en gaz sulfureux : 2 pour 100.

Température	50°.	70°.	90°.	110°.	120°.
Acide 48,4 pour 100	8	29	31	24	–
» 55,3 »	2	9	30	23	–
» 62,5 »	0	–	20	22	
» 70 »	–	–	9	16	19

La réduction passe par un maximum pour chaque concentration d'acide sulfurique ; ce maximum est plus aigu, plus élevé et situé à plus basse température pour les acides faibles que pour les acides concentrés. La dégradation est en général moins prononcée avec la concentration de 2 pour 100 en gaz sulfureux, quoique l'on constate vers 110° une zone où la plupart des coefficients se rapprochent, quels que soient les facteurs.

On ne doit pas négliger d'observer que ces résultats dépendent essentiellement des conditions opératoires, en particulier du temps de contact des gaz avec l'acide sulfurique ; comparables entre eux et pouvant donner des indications pour la surveillance d'une fabrication, ils ne sauraient représenter en valeur absolue ce qui se passe dans les appareils industriels, les volumes relatifs, les surfaces et les durées de contact étant alors très différents de ce que nous avons réalisé dans nos expériences.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la microanalyse de l'ion calcium.* Note de MM. **A. Astruc** et **M. Mousseron**, transmise par M. M. Delépine.

En poursuivant l'étude du microdosage du calcium, dont nous avons donné une méthode à l'état de tungstate [1], nous nous sommes demandé s'il ne serait pas préférable d'utiliser une réaction plus spécifique de ce métal, permettant de le doser dans les liquides biologiques. Et nous avons pensé à la précipitation du calcium à l'état de nickelo-nitrite de calcium et de potassium, $Ni(NO^2)^6K^2Ca$ (les autres alcalino-terreux étant précipités aussi, mais se trouvant à des doses tellement infimes dans les matériaux analysés, que leur présence peut être considérée, en l'espèce, comme négligeable).

Les groupements NO^2 du nickelo-nitrite seraient ensuite réduits par l'hydrogène naissant en ammoniaque, facile à entraîner par la vapeur d'eau, et à doser alcalimétriquement.

Pour effectuer l'insolubilisation du Ca à l'état de nickelo-nitrite de Ca et de K, nous avons dû, tout d'abord, préparer un réactif à base de nitrite de K et de nitrate de Ni; or, ce dernier sel, même livré chimiquement pur, renferme toujours des traces de cobalt que l'on doit éliminer pour éviter la formation simultanée de cobaltinitrite insoluble qui souillerait le précipité de nickelo-nitrite; et, d'autre part, le nitrite de K commercial renferme toujours des traces de calcium qu'il faut également éliminer. Le long et délicat travail de purification et de préparation du réactif nickelo-nitrite sera, par l'un de nous, indiqué par ailleurs.

Ainsi obtenu, ce réactif fournit avec des doses de calcium bien inférieures à 1^{mg} un précipité cristallin jaune, de nickelo-nitrite de Ca et de K, peu soluble dans l'eau froide, décomposé par l'eau bouillante, soluble dans l'acide acétique et spécifique du groupe des alcalino-terreux, le cuivre, le manganèse, l'aluminium, le fer, le zinc, le magnésium, ne précipitant aucunement.

L'élimination de l'excès de liqueur précipitante a présenté aussi quelques difficultés que nous avons résolues par l'emploi de l'acétone diluée à 20 pour 100 dans l'eau distillée, liquide qui ne dissout que des traces

---

(1) A. Astruc, M. Mousseron et Mlle Bouissou, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 376; M. Mousseron et Mlle Bouissou, *Bul. Soc. Chim. biol.*, **12**, 1930, p. 482.

infimes de nickelo-nitrite de Ca et de K, dont il est facile, dans un dosage d'extrême précision, de tenir compte; un dernier lavage est effectué à l'alcool-éther.

Voici comment nous proposons d'opérer pour effectuer le dosage : Dans un tube à centrifugeuse, introduire $0^{mg},50$ environ de Ca, 5^{cm^3} de réactif nickelo-nitrite; mélanger, sans frotter les parois, et abandonner pendant 5 heures; centrifuger le précipité obtenu; le laver deux fois avec, tout au plus, 1^{cm^3} d'acétone diluée chaque fois (qui dissout $0^{mg},02$ de Ca, ce qui est pratiquement insignifiant), puis une dernière fois avec 2^{cm^3} d'alcool-éther à parties égales.

Le composé ainsi purifié est dissous dans 5^{cm^3} d'eau distillée, et la solution additionnée de 1^{cm^3} de NaOH à 15 pour 100 est introduite dans l'appareil de Parnas et Wagner avec 100^{mg} de poudre d'aluminium et une petite quantité de poudre de zinc.

Le dégagement de H, assez intense, avec production de mousse, est poursuivi durant 30 minutes, en chauffant progressivement. Puis, on entraîne NH^3 par un courant de vapeur d'eau, dans un volume connu de SO^4H^2 N/100. Le dosage acidimétrique est effectué par NaOH N/100, à la microburette, en présence de rouge de méthyle, qui vire très nettement.

A $Ni(NO^2)^6CaK^2$, soit à 6 Az, correspond 1 Ca;

A 1^{cm^3} SO^4H^2 N/100 saturé par NH^3, correspond $0^{mg},0666$ Ca.

Il est donc facile de calculer la teneur en calcium de la quantité de produit mis en œuvre.

Essayé sur une solution titrée de Cl^2Ca, le procédé que nous préconisons nous a donné :

Ca mis en expérience.	Ca trouvé.
mg	mg
0,30	0,28
0,50	0,48
0,70	0,68
1,00	0,98

Les résultats sont donc exacts; et ce nouveau procédé de microdosage du calcium va recevoir de multiples applications dans certaines recherches biologiques et alimentaires, effectuées dans nos laboratoires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Phénols bromodiiodés, composés trihalogénés symétriques.* Note de MM. **P. Brenans** et **K. Yeu**, transmise par M. Delépine.

Dans cette Note, nous étudions deux phénols bromodiiodés : l'un d'eux, le bromo-6-diiodo-2.4-phénol, est nouveau; nous l'avons obtenu par l'action du brome sur une solution acétique du diiodo-2.4-phénol. L'autre est le bromo-4-diiodo-2.6-phénol, déjà connu, que nous avons préparé par une méthode nouvelle, par action du brome sur le diiodo-2.6-phénol en solution acétique.

I. Bromo-6-diiodo-2.4-phénol. — Le diiodo-2.4-phénol employé pour cette préparation a été obtenu par le procédé indiqué par l'un de nous [1], puis séparé du triiodo-2.4.6-phénol formé en même temps par entraînement à la vapeur d'eau. Le triiodophénol non entraîné a été purifié en préparant son éther acétique et en saponifiant ce dernier : il fournit dans l'action réductrice du zinc et de l'acide acétique le diiodo-2.4-phénol qu'on a aussi utilisé à cette préparation.

Une solution renfermant une partie de phénol triiodé pour quatre parties d'acide acétique, additionnée d'une partie de poudre de zinc, est maintenue à l'ébullition une heure : il se forme une quantité notable du diiodo-2.4-phénol qu'on précipite par l'eau de la solution acétique et purifie par entraînement à la vapeur d'eau : il fond à 71°-72°, son éther acétique à 71°. Le triiodophénol non transformé sert à une nouvelle préparation du diiodo-2.4-phénol.

Pour obtenir le bromo-6-diiodo-2.4-phénol on ajoute, à une solution de $10^{g},38$ de diiodo-2.4-phénol dans 60^{cm^3} d'acide acétique refroidie vers 25°, une dissolution de 5^{g} de brome dans 10^{cm^3} d'acide acétique. La liqueur, dont la température s'est élevée, dépose à froid le bromodiiodophénol en aiguilles qu'on sépare des eaux mères après un contact de quelques heures. On étend celles-ci avec de l'eau qui fournit un précipité; on enlève l'excès de brome avec du gaz sulfureux. L'ensemble du précipité et des cristaux pèse de 10 à 12^{g}.

Purifié par cristallisation dans l'alcool, le bromo-6-diiodo-2.4-phénol est en aiguilles blanches, fusibles à 128°. Il est très soluble dans la plupart des solvants usuels, moins dans l'alcool et l'acide acétique, soluble dans une solution de carbonate de sodium. Cette solution concentrée fournit, déjà à froid, plus rapidement à chaud, un corps

---

(1) P. Brenans, *Comptes rendus*, 132, 1901, p. 831.

rouge, insoluble, renfermant du brome et de l'iode, peu soluble dans les solvants organiques, rappelant par son aspect la tétraiododiphénylènequinone. La liqueur alcaline séparée de ce composé renferme aussi du brome et de l'iode.

Pour mieux caractériser ce bromodiiodophénol, on a préparé son éther acétique, son éther benzoïque et son éther-oxyde éthylique.

Éther acétique : $C^6H^2(Br).6.(I^2)$-2.4-$(O.COCH^3)$-1. — On maintient une heure à l'ébullition un mélange de $6^g,15$ du phénol bromodiiodé avec 15^g d'anhydride acétique. On verse la solution refroidie dans beaucoup d'eau. Le précipité essoré, lavé, séché, est dissous dans l'alcool chaud; par refroidissement de la solution, l'éther-sel cristallise en aiguilles fines, soyeuses, fusibles à 121°.

Éther benzoïque : $C^6H^2(Br)$-6-(I^2)-2.4-$(OCOC^6H^5)$-1. — Obtenu en chauffant vers 125° une heure durant, le bromodiiodophénol avec un excès de chlorure de benzoïle. Le mélange refroidi, pris en masse, est purifié en le lavant avec une solution alcaline étendue et tiède, puis par cristallisation dans l'alcool additionné de benzène. Lamelles agglomérées, brillantes, incolores, fusibles à 118°, très solubles dans le benzène, moins dans l'alcool et l'acide acétique.

Éther-oxyde éthylique : $C^6H^2(Br)$-6-(I^2)-2.4-(OC^2H^5)-1. — Une dissolution de $2^g,15$ du phénol bromodiiodé dans 20^g d'alcool absolu, additionnée de 5 à 8^{cm^3} de soude N, et de 3^g d'iodure d'éthyle, est maintenue une heure à l'ébullition; l'éther formé précipite bientôt sous forme d'une huile. On distille l'alcool, étend le résidu avec de l'eau, recueille l'éther qui s'est solidifié, le lave avec une solution de soude étendue, puis à l'eau. Cristallisé dans l'alcool, il est en aiguilles longues, fines, réfringentes, fusibles à 76°.

II. Bromo-4-diiodo-2.6-phénol. — Le diiodo-2.6-phénol-1 pur qui nous a servi provenait de la saponification de son éther acétique, de point de fusion 108°. L'action du brome sur ce phénol a été faite dans les mêmes conditions que celle du brome sur l'isomère 1.2.4. Le bromo-4-diiodo-2.6-phénol ainsi préparé fond à 128°; il a été identifié avec un échantillon du même corps obtenu [1] par un autre procédé.

Son éther benzoïque constitue des tables jaunâtres, fusibles à 124°, très solubles dans les solvants usuels, l'alcool excepté.

---

[1] P. Brenans et Ch. Girod, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1128.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide styrallylallylacétique et sa cyclisation en dérivé tétrahydronaphtalénique. Préparation de la diméthylnaphtaline*-1.4. Note de M. **G. Darzens**, présentée par M. Béhal.

J'ai montré précédemment que l'acide benzylallylacétique était susceptible de se cycliser pour donner un acide tétrahydrométhylnaphtalène carbonique, qui permet d'obtenir l'acide méthylnaphtalénique, puis la méthylnaphtaline correspondante. En collaboration avec M. Heinz, j'ai généralisé cette réaction à l'acide paraxylyllallylacétique, c'est-à-dire à un homologue méthylé dans le noyau aromatique [1]. Je me propose, dans la présente Note, de montrer qu'elle est également applicable à l'acide styrallylallylacétique, c'est-à-dire à un homologue méthylé dans la chaîne latérale.

Ce travail a nécessité la préparation successive de l'ester styrallylmalonique, puis de l'éther styrallylallylmalonique par l'action du bromure de styrallyle et du bromure d'allyle sur l'éther malonique en présence de sodium.

La saponification de cet éther styrallylallylmalonique a permis ensuite d'obtenir l'acide styrallyllallylacétique par décomposition de l'acide malonique correspondant, suivant les réactions :

$$C_6H_5\text{—}CHBr\text{—}CH^3 \rightarrow C_6H_5\text{—}CH(CH^3)\text{—}CH{<}^{CO^2C^2H^5}_{CO^2C^2H^5} \rightarrow C_6H_5\text{—}CH(CH^3)\text{—}C{<}^{CO^2C^2H^5}_{CO^2C^2H^5}\text{—}CH^2\text{—}CH{=}CH^2 \rightarrow C_6H_5\text{—}CH(CH^3)\text{—}CH(CO^2H)\text{—}CH^2\text{—}CH{=}CH^2$$

La préparation de ces différents corps n'a présenté aucune difficulté en suivant la technique donnée dans la Note sur la préparation de l'acide paraxyllylallylacétique. L'éther styrallylmalonique est un liquide incolore, visqueux, d'odeur balsamique très faible, distillant à 146-148°, sous 6^{mm}. L'éther styrallylallylmalonique est de même un liquide visqueux d'odeur faible distillant à 174-176°, sous 12^{mm}.

Quant à l'acide malonique correspondant à ce dernier ester, il se décompose avant toute distillation lorsqu'on le chauffe dans le vide vers 150-160°,

(1) *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 184.

pour donner l'acide styrallylallylacétique, mais ce dernier présente la particularité de se lactoniser avec la plus grande facilité, en sorte que par distillation, même dans un vide très poussé, on n'obtient pas un point d'ébullition fixe, ce qui indique dans le distillat le mélange de deux corps.

C'est ainsi, par exemple, que sous un vide de 9^{mm}, la distillation s'effectue entre 130 et 170°, et le distillat présente l'odeur assez caractéristique des lactones de cette série. En reprenant le distillat par une solution de carbonate de soude, on en isole facilement la styrallylvalérolactone qui a pris naissance en abondance conformément à l'équation

$$C_6H_4(CH(CH^3))\text{—}CH(CO^2H)\text{—}CH^2\text{—}CH{=}CH^2 \rightarrow C_6H_4(CH(CH^3))\text{—}CH(CO)\text{—}CH^2\text{—}CH(O)\text{—}CH^3$$

Cette lactone, d'odeur spéciale, mais très faible, distille à 126-128° sous 6^{mm}. Dans l'impossibilité d'obtenir l'acide styrallylallylacétique pour le transformer en acide tétrahydronaphtalénique correspondant, j'ai eu recours à la méthode de transformation par isomérisation de la styrallylvalérolactone en acide tétrahydrodiméthylnaphtalène carbonique, méthode que j'ai indiquée dernièrement pour la transformation correspondante de la benzylvalérolactone [1].

Cette méthode consiste à effectuer cette isomérisation par chauffage prolongé de la lactone avec de l'acide sulfurique de formule $H^2SO^4 3H^2O$, et j'ai pu alors sans difficulté obtenir l'acide hydronaphtalénique cherché sous l'aspect d'un liquide très visqueux, distillant à 160-165° sous 8^{mm}, il ne m'a pas été possible, jusqu'à présent, de l'obtenir à l'état cristallisé.

Sa déshydrogénation s'effectue sans difficulté par chauffage avec du soufre, suivant la technique déjà indiquée pour l'acide correspondant à l'acide benzylallylacétique.

On obtient ainsi l'acide diméthylnaphtalène carbonique cristallisé facile à purifier par cristallisation dans l'acide acétique à 80 pour 100 et fondant à 167°. Enfin le sel de chaux de cet acide distillé dans le vide avec un excès d'hydrate de chaux m'a permis d'obtenir la diméthylnaphtaline-1.4, identique à celle déjà préparée par Cannizzaro en chauffant la santonine avec de la poudre de zinc. Cette identification a été faite par le picrate qui fond

---

(1) *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1305.

à 139-140°. L'ensemble de ces réactions est représenté par les formules

CH^3
CH
$CH—CH^2—CH—CH^3$
CO—CO

CH^3
CH
$CH—CO^2H$
CH^2
CH
CH^3
→
CH^3
CO^2H
CH^3
→
CH^3
1
4
CH^3

Les homologues de l'alcool styallylique sont faciles à préparer par l'action d'un réactif de Grignard sur l'aldéhyde benzoïque, il en résulte que la méthode qui vient d'être donnée permettra de préparer sans difficulté les méthylalcoylnaphtaline homologues 1.4; c'est ce que je me propose de publier prochainement.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude de la heulandite au moyen des rayons X.* Note de M. **Wyart**, présentée par M. Wallerant.

La heulandite, silicate hydraté d'aluminium et de calcium pouvant renfermer des quantités notables de métaux alcalins, a attiré par ses propriétés curieuses l'attention de nombreux chercheurs. Ce minéral cristallise dans le système monoclinique avec des axes sensiblement rectangulaires : $\beta = 88°34'$, les paramètres généralement adoptés sont 0,4025 : 1 : 0,4293.

J'ai déterminé au moyen des rayons X, par les méthodes de Laüe et du cristal tournant, la maille cristalline et le groupe de symétrie de Schœnfliess-Federow de ce corps, en opérant sur des échantillons de provenances diverses et ayant des compositions chimiques aussi différentes que possible. On trouve ainsi pour maille un parallélépipède centré dont les arêtes sont parallèles aux axes cristallographiques du cristal. Les valeurs des paramètres, pour les différents cristaux étudiés, diffèrent très peu des nombres

suivants obtenus avec une heulandite provenant de Taigarhorn (Islande) :

$$a = 7,45\,\text{Å}, \qquad b = 17,80\,\text{Å}, \qquad c = 15,85\,\text{Å}.$$

On voit immédiatement que le rapport $\frac{a}{c} = \frac{7,45}{15,85} = 0,470$ donné par les rayons X coïncide parfaitement avec le rapport $\frac{a}{2c} = \frac{0,4025}{2 \times 0,4293} = 0,470$ donné par les mesures d'angles. Il n'en est plus de même pour les rapports $\frac{c}{b}$ et $\frac{a}{b}$. Je crois qu'il faut accorder plus de confiance aux nombres donnés par les rayons X, la précision des mesures goniométriques étant ici très limitée par les mauvaises images que donnent les faces inclinées sur l'axe de symétrie. On adoptera alors les paramètres suivants :

$$0,418 : 1 : 0,890.$$

L'interprétation des clichés donne directement le réseau polaire du cristal. Celui-ci a pour maille un prisme oblique à base losange et ne présente aucune disparition systématique de nœuds dans le plan de symétrie.

Seuls les groupes de recouvrement C_s^3, C_2^3, C_{2h}^3 de Schœnfliess-Federow possèdent un tel réseau polaire. Comme la heulandite n'est pas hémiédrique, il faut admettre pour ce cristal le groupe C_{2h}^3.

Les valeurs des paramètres données plus haut correspondent à une maille centrée, double de la maille élémentaire la plus simple du réseau. La détermination de la densité et la connaissance de la composition chimique centésimale pour chacun des cristaux étudiés permet le calcul de la masse de cette maille et du nombre des atomes qui y sont contenus. On trouve ainsi pour les atomes électropositifs des nombres variables d'un échantillon à l'autre, le plus souvent fractionnaires. Quant à l'oxygène, seul élément électronégatif présent dans la heulandite, on trouve pour lui un nombre d'atomes constant à la précision des expériences près et égal à 36. Dans ce nombre ne sont pas comptés les atomes d'oxygène appartenant aux molécules d'eau, qui jouent dans la structure un rôle tout à fait particulier.

Voici, pour des heulandites de Taigarhorn, de Berufjord (Islande) et de Botucaray (Uruguay), de densités respectivement égales à 2,217, 2,206 et 2,192 les résultats trouvés [1] :

---

[1] Analyses extraites du *Handbuch der Mineral Chemie* de Dœlter, II, 3 Teil, p. 174.

O.	Si.	Al.	Ca.	K.	Na.	Mg.	H^2O.
35,94	13,67	4,17	1,69	0,34	0,914	0,027	12,20
35,92	13,44	4,52	1,75	0,13	0,738	–	13,19
35,45	13,31	4,506	1,453	0,956	0,272	–	12,40

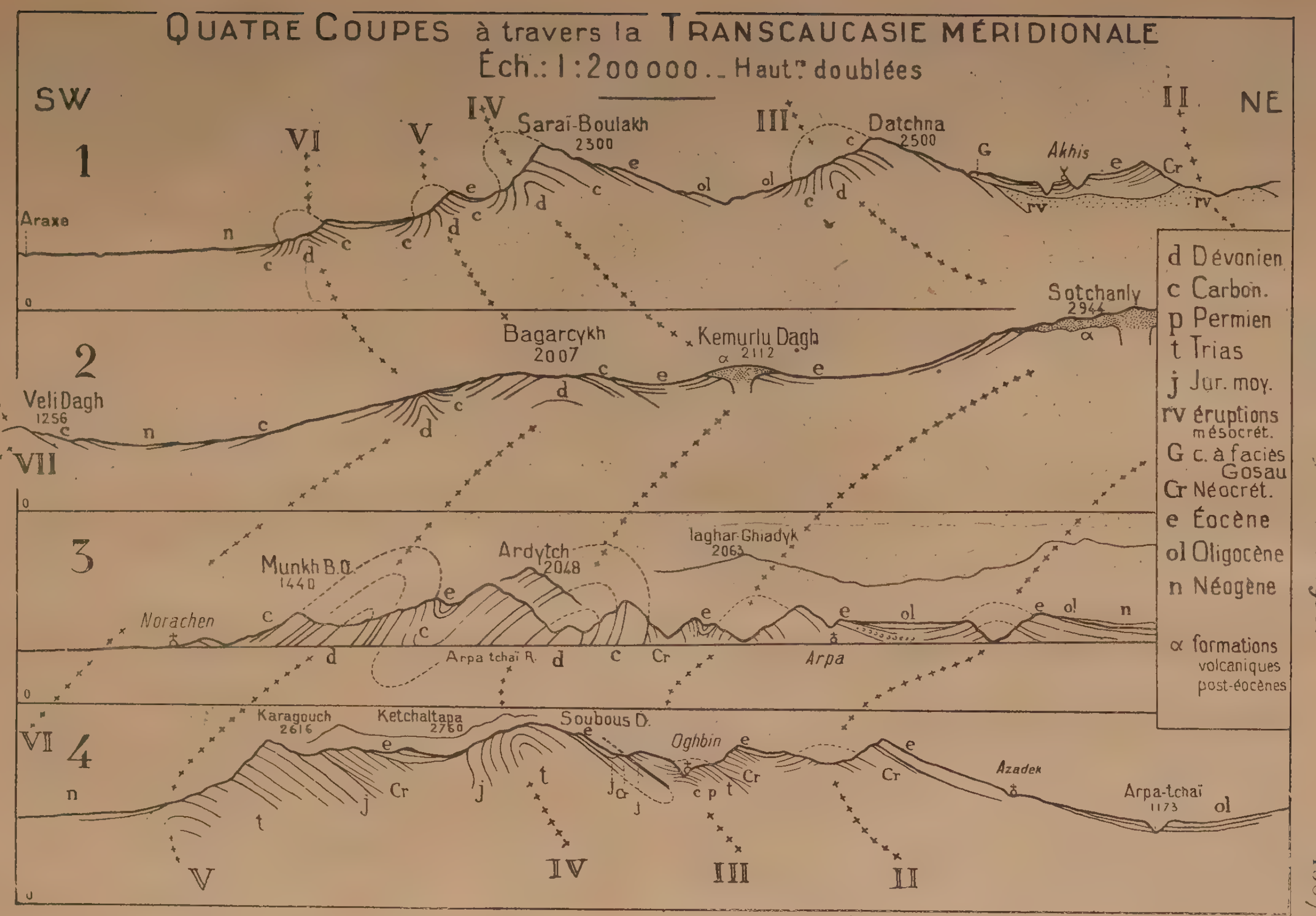
On peut, sur des heulandites de compositions chimiques connues, répéter les mêmes déterminations en adoptant pour paramètres ceux trouvés pour les cristaux étudiés directement. On trouve toujours pour les atomes d'oxygène des nombres voisins de 36. Les écarts avec ce nombre peuvent être attribués aux erreurs d'analyse, l'oxygène n'étant pas dosé directement totalise les erreurs faites sur les autres éléments.

Il faut bien admettre, à cause de ces nombres fractionnaires d'atomes, que la maille cristalline donnée par les rayons X ne se répète pas identique à elle-même, et comme le fait a été constaté plusieurs fois, on est conduit à supposer que ce sont les atomes d'oxygène, qui, par leur nombre considérable et leur grand volume atomique comparés à ceux des atomes électropositifs, constituent la charpente de l'édifice cristallin. Dans les espaces vides, les atomes métalliques viennent se loger en assurant l'équilibre électrique du cristal; ils peuvent se substituer les uns aux autres suivant des lois qu'il semble ici difficile de préciser.

Cet édifice d'atomes ainsi réalisé est très peu compact; le volume moyen occupé par un atome d'oxygène est ici égal à $28,9.10^{-24}$ cm^3, alors que dans un assemblage compact, réalisé dans un grand nombre de corps, ce volume est $13,9.10^{-24}$ cm^3. Dans ce réseau si peu serré, il reste de grands vides qu'occupent les molécules d'eau. L'étude systématique de la déshydratation de cette zéolithe a montré que les molécules d'eau ne contribuaient pas à la diffraction des rayons X par le réseau cristallin : elles sont réparties au hasard à l'intérieur de ce réseau.

GÉOLOGIE. — *Sur le sens de la poussée dans le géosynclinal sud-transcaucasien et ses relations avec le rebroussement volcanisé.* Note de M. **Pierre Bonnet**, transmise par M. Louis de Launay.

Depuis que, revenant à la conception déjà ancienne de la disposition en chaîne double des plissements géosynclinaux, les récentes généralisations tectoniques ont attiré l'attention sur le sens du déversement respectif des deux ailes, les quelques auteurs qui ont essayé d'embrasser dans leurs synthèses les régions caucasiennes ont exprimé sur la tectonique de celles-ci des opinions essentiellement contradictoires (Kober, Wilser, etc.).


QUATRE COUPES à travers la TRANSCAUCASIE MÉRIDIONALE
Éch.: 1:200000. – Haut.rs doublées
SW
NE
1
2
3
4
Araxe
Sarai-Boulakh 2300
Datchna 2500
Akhis
Sotchanly 2944
Veli Dagh 1256
Bagarcykh 2007
Kemurlu Dagh 2112
Norachen
Munkh B.D. 1440
Arpa tchaï R.
Ardytch 2048
Iaghar-Ghiadyk 2063
Arpa
Karagouch 2616
Ketchaltapa 2760
Soubous D.
Oghbin
Azadek
Arpa-tchaï 1173
d Dévonien
c Carbon.
p Permien
t Trias
j Jur. moy.
rv éruptions mésocrét.
G c. à faciès Gosau
Cr Néocrét.
e Éocène
ol Oligocène
n Néogène
α formations volcaniques post-éocènes

J'ai déjà montré dès 1913 la poussée au Sud-Ouest à laquelle avaient été soumises les chaînes de l'Araxe moyen; mais il m'a paru intéressant de compléter ces données en apportant, au moyen de quelques coupes, des précisions que j'ai depuis acquises sur ce sujet.

A cet effet j'ai choisi parmi les nombreuses coupes transversales que j'ai levées, les quatre figurées ci-dessus. La première traverse les arcs occidentaux [1], la quatrième les arcs orientaux, chacune montrant respectivement en résumé les caractères de l'un et de l'autre de ces groupes. Entre elles — et c'est ici que j'attire spécialement l'attention —, j'ai intercalé deux autres coupes pour montrer les particularités du raccord qui s'opère entre les deux segments. L'une (coupe n° 2), passant par l'arête de rebroussement, manifeste la *neutralité de la poussée* au niveau de celui-ci : résultat de la résistance inerte du bloc paléozoïque qui le constitue, et où l'effort se traduit par la production de cassures volcanisées.

L'autre coupe (n° 3), voisine du rebroussement au Sud-Est, montre dans sa moitié méridionale une *poussée franchement dirigée vers le Nord-Est;* et cette contre-poussée se combine avec l'important *abaissement d'axes* que franchit la gorge transversale de l'Arpa-tchaï inférieur. Il s'agit, dans ce dernier cas, simplement d'une poussée localisée, affectant seulement les deux anticlinaux médians (IV et V) dans leur partie adjacente au rebroussement : une torsion change en effet rapidement, vers l'Est, le sens du déversement, et ces éléments reprennent bientôt l'allure générale, en se conformant à nouveau au mouvement de l'ensemble, que nous voyons rétabli nettement dans le groupe des arcs orientaux (coupe n° 4). La partie paléozoïque des premiers éléments occidentaux de ces arcs est seule affectée par ce phénomène d'inversion de la poussée : en effet, adhérant d'une part au bloc paléozoïque du rebroussement, ils sont d'autre part entraînés par la forte avancée au Sud de la masse centrale des arcs orientaux à matériel mésozoïque.

Il y a donc, en cette région, *poussée générale au Sud-Ouest, contrariée seulement au voisinage immédiat du rebroussement par une contre-poussée locale vers le Nord-Est : par suite il est difficile d'envisager le Sud transcaucasien comme une partie de l'aile nord du géosynclinal déversée vers l'extérieur.*

L'extension probable en Perse septentrionale de la structure en chapelets

---

[1] Voir Pierre Bonnet, *Sur la structure tectonique de la Transcaucasie méridionale* (*Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 559).

arqués de dômes paléozoïques et mésozoïques avec rebroussements volcanisés, ainsi que je l'ai admise dans ma Note précédente, doit entraîner également dans ce pays la production de phénomènes analogues; et peut-être retrouvera-t-on des traits comparables dans le reste de l'isthme caucasique, à l'ensemble duquel j'ai naguère (1920) étendu la même conception structurale.

On pourra s'attendre alors à rencontrer, dans un ensemble poussé au Sud, des indices restreints et localisés de poussée vers le Nord.

GÉOLOGIE. — *Sur les formations glaciaires du Massif de Néoubielhe* (*Hautes-Pyrénées*). Note de M. **Marcel Roubault**, transmise par M. Pierre Termier.

Le Massif de Néoubielhe est un massif essentiellement granitique situé immédiatement au sud du pays de Bigorre. Il est limité au Nord par le parallèle du Col du Tourmalet, au Sud par celui du Port de Campbielh, à l'Ouest par le Gave de Pau et à l'Est par la Neste d'Aure. Son relief est très accusé et atteint les cotes maxima au Pic de Néoubielhe (3092^{m}), au Pic Long (3191^{m}) et au Pic de Campbielh (3175^{m}). Des crêtes abruptes et d'accès difficile délimitent une série de bassins correspondant à l'emplacement d'autant d'anciens glaciers et dont les parties basses sont actuellement occupées par de nombreux lacs. Les formations glaciaires y sont d'une rare netteté et plusieurs séjours dans cette région m'ont permis de retracer avec assez de précision les différents stades d'évolution glaciaire dans la partie centrale du massif, aux environs d'Orédon.

L'étude de cette partie centrale montre que le modelé glaciaire actuel y est le résultat de l'évolution de deux grands glaciers descendant, l'un du Pic de Néoubielhe, l'autre du Pic Long et du Pic de Campbielh. Les considérations suivantes se rapportent au premier.

Les crêtes qui limitent l'aire d'extension maximum du glacier de Néoubielhe sont jalonnées par le Pic des Laquets, le Turon de Néoubielhe, le Pic de Néoubielhe, la Brèche de Chaussenque, le Pic de Tracens, le Pic d'Anglade et le Mont Pelat. Toute cette région était primitivement couverte de glace, ainsi qu'en témoignent les polis glaciaires presque uniformément répandus sur toutes les surfaces rocheuses (abstraction faite de quelques crêtes limitant des bassins secondaires). Par l'emplacement actuel du Col d'Estoudou, où il a laissé des dépôts morainiques, le glacier s'écoulait vers

la vallée de l'Oule où il rejoignait le glacier descendant de la région de Portbielh; de là, l'ensemble s'engageait dans la partie basse de l'actuelle vallée de Couplan.

A partir de cette phase initiale on peut suivre toute l'évolution du glacier jusqu'à son état actuel. Outre la présence des roches polies et le profil en forme d'auge des deux vallées où sont les lacs d'Aumar, d'Aubert et les trois petits lacs dits laquets, il existe des restes importants de moraines au pied du Col d'Estoudou (près du bord du lac d'Orédon) en amont de la tourbière située à la cote 2170 (dite tourbière Despax) et entre les lacs d'Aumar et d'Aubert. Enfin le lac d'Aubert est actuellement à un niveau notablement inférieur à celui du lac d'Aumar.

De tout ceci il résulte que le glacier s'écoulant d'Aumar vers l'Est en passant par l'emplacement de la tourbière Despax a vu d'abord son axe subir une translation vers le Sud (présence de plusieurs paliers sur la crête qui va du Col d'Estoudou au Chalet d'Orédon); en même temps la dépression correspondant au lac d'Orédon s'accentuait sous les effets de l'érosion produite par le glacier du Pic Long qui travaillait concurremment avec celui du Néoubielhe. Ce dernier glacier s'est alors incurvé vers le Sud, descendant d'abord vers l'anse orientale du lac, puis, après le dépôt de la moraine située en amont de la tourbière Despax, directement vers le lac, après avoir simplement contourné la butte qui sépare les Laquets du lac d'Aumar. Déjà à cette époque une partie importante du glacier s'écoulait probablement par la vallée d'Aubert et des Laquets. Peu à peu son « captage » par cette dernière vallée s'est accentué jusqu'au moment du dépôt de la grosse moraine située entre les lacs d'Aumar et d'Aubert, qui marque la fin du fonctionnement de la vallée d'Aumar en tant que vallée glaciaire. Enfin une simple régression de la glace a conduit de ce dernier stade au stade actuel (glacier de dimensions très restreintes) sans qu'il nous ait été possible de discerner si cette régression avait été coupée par des phases d'arrêt.

En résumé on voit que l'histoire du glacier du Néoubielhe peut être en très grande partie reconstituée. Dans le temps, les diverses phases se sont écoulées pendant une très longue durée si l'on en juge par l'altitude actuelle du lac d'Orédon (1850^{m}) et par le passage du glacier au col d'Estoudou (alt. 2250^{m}) à une époque où la dépression correspondant au lac n'existait probablement pas.

GÉOLOGIE. — *Le plongement du Moyen Atlas sous la plaine de la Moulouya (Maroc septentrional).* Note de M. **P. Russo**, transmise par M. Pierre Termier.

Dans la région située au sud de Guercif, le Moyen Atlas plonge brusquement tout entier au Nord-Est sous la plaine de la Moyenne Moulouya. Appelé à effectuer le levé détaillé de cette région, j'ai constaté un certain nombre de faits expliquant la nature de ce plongement. Les principaux sont les suivants :

1° Le Vindobonien marin à *Ostrea crassissima* et à *O. gingensis* apparaît, discordant sur le Jurassique, dans la région Jerjoub-Ras el Ksar-Tifirassine-Bou Rached. Il débute par des argiles vertes fossilifères et admet, au-dessus, des termes lagunaires (argiles gypseuses et salées), des termes côtiers (grès à ripple marks), et des termes continentaux (grès à stratification entrecroisée et à rubéfaction désertique), qui, avec des conglomérats et cailloutis de torrents, terminent la série, puissante de 400^{m} environ dans sa partie la plus épaisse.

2° Le Jurassique sous-jacent au Vindobonien offre, suivant une ligne WNW-ESE, Jerjoub-Bou Rached, une fracture perpendiculaire à la direction des plis du Moyen Atlas et qui partage le pays en un compartiment Nord et un compartiment Sud. Les plis du Moyen Atlas se raccordent de l'un à l'autre compartiment; la fracture est donc postérieure à leur formation.

3° Cette fracture s'accompagne d'un rejet qui, à l'Ouest, vers le Jerjoub, amène le Lias 400^{m} plus haut dans le compartiment Nord que dans le compartiment Sud. Le rejet change de sens dans l'Est, où il y a plongement du compartiment Nord, le Vindobonien étant 200^{m} plus bas sur le bord du compartiment Nord que sur celui du compartiment Sud vers Bou Rached. Le plongement d'ensemble du compartiment Nord se fait donc obliquement par rapport à la fracture : vers le Nord-Est. Sa valeur est indiquée par le fait que le Djebel Ouarirt nous montre à son extrémité Sud le Lias à 1647^{m} d'altitude et que, 10^{km} plus au Nord-Est, le Lias fait place au Jurassique qui disparaît sous le Vindobonien à la cote 800. Ce plongement est bien plus fort que le pendage du Vindobonien. Il faut donc admettre que la fracture s'est produite avant le dépôt des assises vindoboniennes. Mais elle a rejoué après ce dépôt; en effet ces assises offrent sur le compartiment Nord

un pendage plus fort que celui qu'elles offrent sur le compartiment Sud; d'ailleurs la fracture intéresse visiblement le Miocène, notamment au Djebel Taghzout.

4° D'autres fractures se sont fait sentir plus tard, accentuant les déplacements antérieurement amorcés : la plus récente est celle passant par le Djebel des Aït bou Hassan à l'ouest du Zobzit. et sur laquelle se trouve un volcan dont les cendres se rencontrent, très bien conservées, sur le quaternaire le plus récent des vallées, notamment vers Bouchardane.

Il semble que l'on soit en droit de conclure de ces observations que le Moyen Atlas, plissé dès les temps oligocènes, a été sectionné par une fracture qui s'accompagna de plongement vers le Nord-Est du compartiment situé au nord de cette fracture. La mer vindobonienne s'installa alors sur la dépression ainsi formée; puis un mouvement général d'exhaussement relatif de toute la région se produisant, les dépôts continentaux succédèrent aux dépôts marins. D'autre part les anciennes fractures rejouèrent et de nouvelles se produisirent, amenant l'état actuel des terrains.

Nous devons donc envisager le Moyen Atlas, non pas comme terminé au bord de la plaine de la Moulouya ni comme s'ennoyant par un abaissement d'axe, mais comme plongeant au Nord-Est par suite d'une fracture. Le compartiment plongeant n'est pas très étendu; son extrémité septentrionale, située à environ 60^{km} au nord-est de son extrémité méridionale, est marquée par les volcans de la région du Guilliz et la réapparition brusque du Jurassique surgissant du Vindobonien au Guilliz, à Chebka Bou Rekyen et à Guelb el Haïr en direction de Taourirt. La direction des plissements du Moyen Atlas et leur style sont parfaitement conservés dans ces collines et se continuent dans les très nombreux pointements jurassiques qui se succèdent de Taourirt à Oudjda.

Je vois dans tous les faits énoncés ici une série de données tendant à confirmer la continuité du Moyen Atlas, sous la Moulouya, avec l'Angad, et son raccordement avec le Tell algérien.

GÉOLOGIE. — *Le Marbre Lunel, ses variétés. Le Lunel fleuri.* Note de M. **H. Derville**, présentée par M. L. Cayeux.

Sous le nom de Marbre Lunel, on exploite dans le Boulonnais, à la carrière Hénaux de la Vallée Heureuse, une série de bancs calcaires d'une puissance approximative de 25^{m}. C'est un calcaire à grain fin, de teinte

grise ou rosée, recoupé par des niveaux organiques et des épisodes oolithiques. Ces différentes formations ont reçu des carriers des noms variés et sont exploitées à des fins diverses : le calcaire clair à grain fin (Lunel uni) et les épisodes oolithiques (partie pierre) sont utilisés comme pierre de taille pour la construction d'édifices et de monuments funéraires; les portions organiques (Lunel fleuri) fournissent des panneaux décoratifs pour intérieurs, lambris, cheminées, etc. Le Lunel uni est aussi exploité à fin de décoration surtout dans ses portions plus coquillières.

La masse du Lunel couronne l'assise à *Productus cora;* elle repose sur la dolomie à *Lithostrotion Martini* et, à sa partie supérieure, est séparée du marbre Napoléon par 4 ou 5m de calcaires rubanés.

L'un de ces fleuris est constitué exclusivement par des organismes déjà connus dans le calcaire carbonifère de l'Angleterre et de la Belgique que je rapporte au genre *Mitcheldeania*, avec lequel ils présentent de curieuses analogies de forme et de structure.

Ces organismes se présentent à l'ordinaire sous l'aspect de nodules de formes diverses. En section et sur marbre poli, ils montrent une zonation concentrique très nette et d'une remarquable régularité qui se trahit par une succession de lignes alternativement foncées et blanchâtres; les premières correspondent à un tissu plus ou moins lâche et vacuolaire, les secondes à un tissu très dense chargé de calcaire granuleux. L'ensemble est uniformément constitué par des tubes verticaux dépourvus de cloisons cellulaires transversales et qui se multiplient par dichotomie, la division se faisant pour tous les tubes au même niveau.

Ces tubes montrent dans leur évolution une périodicité frappante. Droits, fins et de course régulière (zones denses et granuleuses en lame mince, lignes blanchâtres sur marbre poli), ils se dilatent périodiquement tous au même niveau et prennent l'allure de boyaux variqueux. C'est la phase de reproduction, suivie d'une multiplication des tubes et d'un élargissement de l'organisme. Il semble qu'il se forme aussi des processus horizontaux par le moyen desquels s'établissent entre les tubes des communications transversales. Les zones variqueuses sont fréquemment vacuolaires; la formation des vacuoles résulte, pour partie, d'une destruction locale des tubes provoquée par la distension et l'amincissement des parois, pour partie, de la formation des processus horizontaux.

L'organisme que je viens de décrire est un organisme saisonnier qui enregistre avec une remarquable périodicité les phases successives de vie végétative et de reproduction. A la partie supérieure du thalle, la structure

devient sensiblement plus confuse : des traînées blanches tangentielles à la surface de l'organisme font penser à la formation, dans les tubes, de diverticules latéraux comme il s'en présente dans les genres *Rhipiliopsis* et *Flabellaria*.

Mitcheldeania se rencontre à l'état sporadique dans le Viséen moyen du Boulonnais. Je l'ai trouvé en abondance à deux niveaux : dans la portion oolithique et basale du calcaire violacé sous-jacent au marbre Henriette (Banc de onze pieds de la carrière du Haut-banc) et dans le marbre Lunel dont il est ici question.

A un certain niveau, ce marbre montre des rubans coquilliers continus, de plusieurs centimètres d'épaisseur, qui sont entièrement constitués par ces nodules de *Mitcheldeania*. Un peu plus haut, mais toujours dans la même formation, on observe des organismes dressés, à structure zonaire, mais d'un dessin plus confus et plus irrégulier. La texture est très mal conservée par suite de la recristallisation et il ne reste d'observables, en partie du moins, que les zones denses granuleuses à tubes fins et réguliers. Ces organismes me paraissent devoir être rapportés au genre *Mitcheldeania*.

De cette Note et d'une autre récente deux faits ressortent, qui méritent d'être signalés :

1° La variété exubérante que peuvent présenter dans leurs formes extérieures les Siphonées fossiles, variété qui s'étend de formes presque géométriques (*Mitcheldeania*) à des formes extrêmement bizarres et irrégulières (organismes du marbre Henriette).

2° L'importance que semble prendre, dans le calcaire carbonifère du Boulonnais, le développement des Algues calcaires, importance que pressentait du reste M. Garwood dans ses remarquables études sur les Algues calcaires du *Mountain Limestone* d'Angleterre.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Influence de la constitution géologique du sol sur les points de chute de la grêle.* Note [1] de MM. **C. Dauzère** et **J. Bouget**, présentée par M. Ch. Fabry.

Il est bien connu que certains territoires sont souvent frappés par la grêle, tandis que d'autres ne sont presque jamais atteints. Nous avons expliqué ces faits [2] par une théorie, qui fait intervenir l'ionisation négative sur-

---

[1] Séance du 11 juin 1930.

[2] *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 835; *La Météorologie*, n°s 49 à 51, avril-juin 1929, p. 145.

abondante de l'air au contact des terrains dangereux; nous avons montré que cette ionisation, ainsi que la chute de la grêle et de la foudre, est en relation avec la constitution géologique du sol. Or nous avons observé le 20 juillet 1929 un orage à grêle remarquable, dans lequel l'influence de la nature du sol s'est manifestée avec une grande netteté.

Le cumulo-nimbus, formé à l'ouest de Bagnères était dirigé de WNW à ESE, par l'action d'un vent très faible à peu près insensible au niveau du sol. Une forte pluie (22^{mm} en une heure) tombait à Bagnères avec quelques grêlons épars, pendant qu'une violente chute de grêle se produisait sur trois plages des terrains environnants, que nous avons soigneusement explorées le lendemain.

La première plage était de faible étendue; elle prenait naissance au NW d'un petit col, qui domine la vallée de l'Adour au sud du village de Baudéan; ce col a été produit par l'érosion dans une bande de schistes albiens (ardoisiers, siliceux), bordés de chaque côté par des calcaires jurassiques [1]. La grêle, à partir du col, avait suivi uniquement la bande de schistes, épargnant les calcaires, et traversé ensuite la vallée de l'Adour, dont elle avait ravagé les cultures sur le prolongement de cette bande jusqu'au bourg de Campan; elle était venue se heurter ensuite aux calcaires jurassiques et crétacés de la rive opposée, qui avaient arrêté net sa propagation.

La deuxième plage, à peu près dans le prolongement de la première, était située assez haut dans la montagne aride et escarpée qui domine la vallée de Campan sur la rive droite de l'Adour; elle était rendue visible de la vallée par la couche blanche, de 10 à 15^{cm} d'épaisseur formée par la grêle. Elle couvrait uniquement une bande de schiste albien, passant par les Cabanes d'Ordincède, et entourée de tous côtés par les calcaires aptiens qui forment la presque totalité du massif [2].

La troisième plage était la plus étendue; elle commençait au nord-est du village de Gerde sur des terrains métamorphiques (micaschiste et granulite, contenant des inclusions d'ophite, de diorite, des minerais de fer). La grêle avait pris sur ces terrains et sur les schistes albiens qui leur font suite une grande intensité; toutes les récoltes étaient anéanties, principalement aux Palomières, voisines de la limite des trois terrains: métamorphique, permien, albien. La propagation de la grêle avait été arrêtée, plus à l'Est, par le front d'une large enclave de calcaire aptien qui se trouve au milieu des schistes albiens entre les villages de Lies et de Marsas.

---

(1) Voir *Carte géologique*, feuille de Tarbes, pour la première et la troisième plage.

(2) Voir *Carte géologique*, feuille de Luz, pour la deuxième plage.

Les phénomènes que nous venons de décrire se reproduisent souvent aux mêmes lieux, avec les mêmes circonstances. Ainsi, le 4 avril 1930, la grêle est tombée de nouveau sur les environs de Bagnères, par vent très faible de WNW; elle a été peu intense sur la ville, très forte au delà de Gerde, où elle a couvert le sol d'une couche blanche d'environ 15^{cm} d'épaisseur, qui persistait encore le lendemain vers 10^{h}. Cette plage blanche ne s'étendait pas au delà des limites du terrain métamorphique, qui était ainsi dessiné avec une fidélité remarquable; la butte calcaire (infralias), qui domine le village de Gerde du côté nord était respectée.

Nous voyons dans ces deux exemples les schistes siliceux et les roches métamorphiques jouer un rôle néfaste; c'est sur eux que la grêle prend naissance ou se renforce. Je dois ajouter que ces roches sont dangereuses à l'égard de la foudre comme à celui de la grêle, ainsi que le montrent avec évidence les nombreux arbres foudroyés et les ruines des maisons incendiées par la foudre qui s'y trouvent. Au contraire, les calcaires remplissent un rôle protecteur des plus remarquables : la grêle les respecte, elle cesse de se former et de tomber quand elle les rencontre.

Les deux actions opposées que nous venons de mettre en évidence s'exercent dans tous les orages à grêle qui se produisent dans une région où voisinent des terrains calcaires et siliceux; mais leurs effets ne sont pas toujours aussi manifestes. La netteté des exemples cités tient à l'absence ou à la faiblesse du vent horizontal; la grêle tombe alors sur les lieux mêmes au-dessus desquels elle se forme. Quand le vent est violent, il emporte la grêle loin des lieux de formation et la situation exacte de ces derniers est alors bien difficile à reconnaître.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations vitales sur le protoplasme des Algues.* Note (1) de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Les Algues constituent un matériel de choix pour l'observation vitale du protoplasme et cependant il n'existe à ce sujet que des données très fragmentaires. Les *Spirogyra* et les *Vaucheria* sont jusqu'à présent les seules Algues qui aient fait l'objet d'observations protoplasmiques précises et assez complètes pratiquées sur le vivant; ce sont aussi presque les seules chez lesquelles les cytosomes (chondriosomes) ont été décrits dans le protoplasme

(1) Séance du 23 juin 1930.

vivant. Il était donc nécessaire de pousser les recherches plus avant et voici les résultats auxquels nous sommes arrivé.

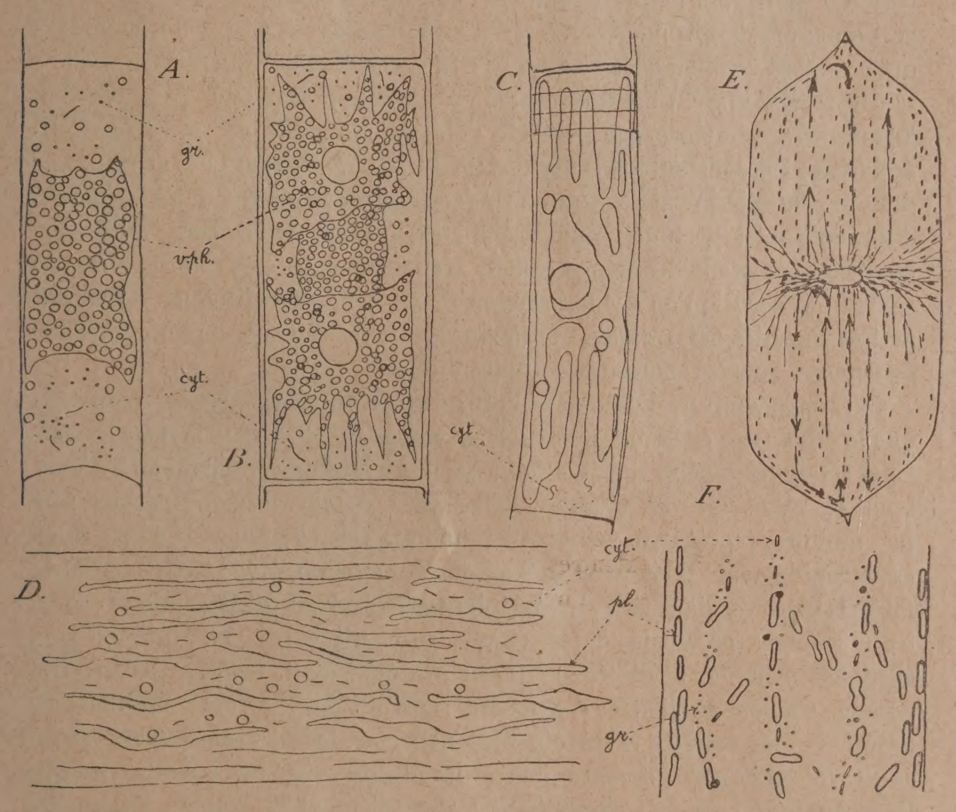


Fig. A. — Cellule de *Mougeotia*. (cyt.) cytosomes; (gr.) *granula*; (v. ph.) globules tannoïdiques recouvrant le chromatophore ou libres dans le protoplasme.

Fig. B. — Cellule de *Zygnema*. Même légende que précédemment.

Fig. C. — Cellule d'*Œdogonium*. (cyt.) cytosomes.

Fig. D. — Portion d'une cellule d'*Antithamnionella sarniensis* Lyle montrant des plastes (pl.) et des cytosomes (cyt.).

Fig. E. — Cellule de *Rhizosolenia Temperei* montrant la direction générale des courants protoplasmiques, le long desquels s'observent des alignements de plastes.

Fig. F. — Détail du protoplasme de *Rhizosolenia Castracanei*. (pl.) plastes; (cyt.) cytosomes; (gr.) *granula*.

Toutes les Algues ne se prêtent pas à l'observation vitale des cytosomes : même chez des formes filamenteuses, pourtant très transparentes, ils peuvent échapper à l'observation (*Cladophora*, *Ulothrix*). Chez les *Œdogonium* des filaments contournés, très difficiles à voir, s'observent parfois; chez les *Zyg-*

nema et les *Mougeotia* les cytosomes sont des filaments très ténus, presque sans épaisseur; ils peuvent se courber en arc et se déplacent lentement. Chez ces deux genres, et peut-être aussi chez les *Œdogonium*, les cytosomes sont accompagnés de *granula* ronds, très petits, analogues à ceux des *Spirogyra* qui circulent rapidement et ne sont pas animés de mouvement brownien.

Chez les *Spirogyra* le protoplasme en certains points peut présenter une apparence granuleuse par suite de l'abondance locale des *granula*. Cette apparence est constante chez les *Closterium* (*C. Ehrenbergii*, *C. intermedium*) dont le protoplasme aux courants très actifs renferme dans toutes ses parties d'innombrables granules ronds très petits qui, en même temps qu'ils sont charriés, subissent des déplacements très rapides les uns par rapport aux autres, de sorte qu'on a l'impression de les voir tourbillonner. Quelques petites vacuoles déformables et quelques globules réfringents sont entraînés également dans les courants protoplasmiques.

Chez beaucoup de Diatomées l'observation vitale ne permet d'observer que le noyau, les chromatophores, le vacuome et des grains de métaplasme. Chez quelques espèces marines nous avons pu cependant reconnaître l'existence de cytosomes filamenteux. Chez les *Licmophora* les cytosomes sont peu mobiles, par instant on en voit quelques-uns effectuer un court trajet assez rapidement. Il en est de même chez les *Coscinodiscus*. Chez les *Rhizosolenia*, observés dans le très beau plancton hivernal de Banyuls-sur-Mer, les cytosomes en forme de bâtonnets susceptibles de se déformer sont entraînés avec les autres éléments du protoplasme (*granula*, gouttelettes grasses, souvent les plastes eux-mêmes) suivant des courants parallèles au grand axe des cellules et surtout bien nets chez les *R. Temperei*, *R. Castracanei*, *R. calcar avis*. Les cytosomes et les plastes se meuvent moins vite que les *granula* qui passent rapidement à côté d'eux. Ces grandes Diatomées marines très transparentes constituent un matériel des plus favorables à l'observation du protoplasme vivant : les cytosomes y sont d'une netteté parfaite.

On peut en dire autant de beaucoup de Floridées parmi lesquelles les *Callithamnion* et les *Ceramium* permettent d'observer, entre les rhodoplastes rubanés ou filamenteux, des cytosomes en bâtonnets ou en filaments qui se déplacent, très lentement en général et peuvent aussi se déformer.

Parmi les Phéophycées des cytosomes filamenteux, très ténus et difficiles à voir s'observent dans des cas favorables chez certains *Ectocarpus* (*E. virescens*). Ils sont principalement en forme de bâtonnets, mais très instables et se modifiant constamment dans leur contour chez le *Tilopteris Mertensii*.

L'absence de cytosomes visibles à l'examen microscopique dans certaines cellules très transparentes pose la question de la constance de ces éléments dans le protoplasme. Sans doute l'observation vitale ne suffit pas à résoudre le problème, mais le fait que les cytosomes sont tout juste discernables dans quelques cellules et très apparents dans d'autres exemples conduit à admettre des différences de visibilité qui pourraient expliquer l'absence constatée de ces éléments dans certains cas.

Dans les cellules où les cytosomes sont très apparents leurs caractères physiques sont identiques à ceux des cytosomes des Phanérogames observés vitalement. Leur valeur morphologique est donc certaine.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.

ERRATA.

(Séance du 26 mai 1930.)

Note de M. *André Blondel*, Conditions de stabilité d'un turbo-alternateur couplé sur un réseau, en tenant compte du régulateur :

Page 1215, équation (13), *au lieu de*

$$\xi\left(l\frac{dw}{dt} - w\right) + K'\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{d\theta}{dt} + C\theta = 0,$$

lire

$$\xi Q\left(l\frac{dw}{dt} - w\right) + K'\frac{d^2\theta}{dt^2} + a\frac{d\theta}{dt} + C\theta = 0.$$

(Séance du 2 juin 1930.)

Note de M. *H. Deslandres*, Propriétés des séries et raies anormales dans les spectres atomiques :

Page 1251, ligne 4, *au lieu de* Les spectres de raies, *lire* Les spectres de lignes.
Page 1252, ligne 19, *au lieu de* $\lambda 3421\ \nu = (27 + {}^1/_2)\,d_1 + a$, *lire* $(27 + {}^1/_2)\,d_1 + 0$.
Page 1254, ligne 15, *au lieu de* Bevan (1916), *lire* Bevan (1912).

Note de M. *Jacques de Lapparent*, De la tenue du titane dans les bauxites :

Page 1312, titre, *au lieu de* teneur, *lire* tenue.
Page 1313, ligne 1, *au lieu de* classique, *lire* clastique.

(Séance du 16 juin 1930.)

Note de M. *Léon Lecornu*, Sur les surfaces funiculaires :

Page 1347, ligne 8, *au lieu de* trois premiers ordres, *lire* quatre premiers ordres.

(Séance du 23 juin 1930.)

Note de MM. *H. Simonnet* et *G. Tanret*, Sur la calcification du poumon chez le lapin par l'ergostérol irradié :

Page 1528, ligne 8 (Ca aortique : thoracique), *au lieu de* 30,68, *lire* 10,68

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-DIXIÈME.